

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Diagnostika jističů na střední proudy
Diagnostics of circuit breakers for medium current

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jakub Horák**
Studijní program: **N2649 Elektrotechnika**
Studijní obor: **3907T001 Elektroenergetika**
Téma: **Diagnostika jističů na střední proudy**
Diagnostics of Circuit Breakers for Medium Current

Zásady pro vypracování:

1. Definujte pojem spolehlivosti a životnosti elektrotechnických systémů, se zaměřením na jističe nn pro střední proudy.
2. Rozeberte problematiku technické diagnostiky jističů při sledování jejich spolehlivosti a životnosti.
3. Aplikujte konkrétní postupy na jistič BD 250 firmy OEZ Letohrad.
4. Proveďte rozbor dosažených výsledků a definujte podmínky provozu daného jističe s orientací na stanovení spolehlivosti a životnosti.

Seznam doporučené odborné literatury:

Dle pokynů vedoucího diplomové práce.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Zdeněk Hytka, CSc.**

Datum zadání: 30.11.2011

Datum odevzdání: 04.05.2012

prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně.

Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.



Datum odevzdání: 4.5.2012

Podpis:

Dovoluji si tímto poděkovat společnosti OEZ s.r.o. za umožnění provést si potřebné zkoušky a měření pro vytvoření této diplomové práce na zkušebně společnosti, jelikož školní podmínky by mi to neumožnily. Dále děkuji za poskytnutí odborných rad a pomoci při samotné realizaci zkoušek a měření.

Rád bych také poděkoval Ing. Zdeňku Hytkovi, CSc. za odbornou pomoc při zpracování této diplomové práce.

Abstrakt

Cílem této diplomové práce bylo provést diagnostiku jističů na střední proudy. Diagnostiku jsme prováděli na jističi od společnosti OEZ s.r.o. za pomoci námi vybraných zkoušek a měření. Mezi vybrané patřila zkouška oteplením, měření úbytku napětí na proudovodné dráze a elektrických ztrát, měření vlastních časů jističe, dynamika spínacího mechanismu, vypínání zkratů jističem a mechanická trvanlivost.

Klíčová slova

Jistič, spolehlivost, diagnostika, měření, oteplení, úbytky napětí, elektrické ztráty, vlastní časy, dynamika, elektrické zkraty, mechanická trvanlivost.

Abstract

The aim of this thesis is diagnose of MCCB (Moulded case circuit breaker). Diagnosis was performed on the circuit breaker from OEZ Ltd. using our selected tests and measurements. Selected were: temperature test, measuring the voltage drop on current path and power losses, switching times, dynamic of switching system, switching of short circuit currents and mechanical durability.

Keyword

Circuit breaker, reliability, diagnosis, measurement, warming, voltage drop, power loss, switching times, dynamic, short circuits, mechanical durability.

OBSAH

ÚVOD	3
1 POJETÍ SPOLEHLIVOSTI	4
1.1 Definice spolehlivosti	4
1.2 Definice jakosti	5
1.3 Důležitost spolehlivosti	5
1.4 Metody na dosažení spolehlivosti	6
1.5 Měřítka spolehlivosti	8
1.6 Co považujeme za uspokojivou spolehlivost?	9
1.7 Obecné směrnice pro specifikace spolehlivosti	9
1.8 Výrobní opatření působící na spolehlivost	10
2 DIAGNOSTIKA	13
2.1 Technický rozvoj a diagnostika	16
2.2 Úlohy a formy diagnostiky – základní pojmy	20
2.2.1 Objekt diagnostiky	20
2.2.2 Diagnóza technického stavu	22
2.2.3 Testování v reálném čase	26
2.2.4 Diagnostické podmínky	27
2.2.5 Diagnostické prostředky	28
2.2.6 Funkční vazby diagnostiky	31
3 JISTIČE PRO STŘEDNÍ A VELKÉ PROUDY	33
3.1 Jistič BD 250NE305	37
4 MĚŘENÍ	44
4.1 Parametry jističe	45
4.2 Použité přístroje	46
4.3 Oteplení	47
4.4 Úbytky napětí, elektrické ztráty	49
4.5 Vlastní časy	51
4.6 Dynamika	55

4.7 Zkratky.....	58
4.8 Mechanická trvanlivost.....	60
ZÁVĚR.....	62
POUŽITÁ LITERATURA	63

ÚVOD

V této diplomové práci se zabývám diagnostikou jističů na střední proudy, konkrétně jističe BD 250NE305 od společnosti O EZ s.r.o..

Jelikož jističe pro střední proudy patří mezi nejčastěji používané jistící prvky v průmyslových rozvodech, musíme u nich zajistit minimální výpadky a maximální spolehlivost a kvalitu a k tomu nám slouží i správná diagnostika.

Samotné zkoušky a měření probíhaly jak podle metodiky vyplývající z normy pro jističe ČSN EN 60 947 - 2, tak i z letitých zkušeností ve společnosti O EZ s.r.o..

První kapitola se zabývá vysvětlením spolehlivosti, pojmu důležitého pro celou tuto problematiku a pro zpracování výsledků našich zkoušek a měření.

Ve druhé kapitole je vysvětlena objektivita a technická diagnostika, která je nezbytná při zjišťování a odstraňování nežádoucích jevů vzniklých při samotných zkouškách a měřeních.

Třetí kapitola se zabývá popisem jističů pro střední a velké proudy a dále pak popisem samotného jističe BD 250NE305, na kterém probíhaly námi vybrané zkoušky a měření.

Ve čtvrté kapitole jsou podrobněji popsány provedené zkoušky a měření se zpracovanými výsledky.

1 POJETÍ SPOLEHLIVOSTI

1.1 Definice spolehlivosti

„Organizace RETMA definuje spolehlivost takto:

„Spolehlivost je pravděpodobnost, že činnost zařízení bude během určené doby a v daných provozních podmínkách přiměřená účelu zařízení“. Tuto definici dnes uznává většina odborníků ve spolehlivosti a můžeme ji tedy považovat za obecně uznávanou. [1]

V současné době se zavádí komplexnější pojetí spolehlivosti: Spolehlivostí rozumíme jisté vlastnosti výrobku, které zaručují splnění požadavků kladených na jeho řádnou činnost za daných pracovních podmínek. Jde tu zejména o provoz bez poruch, opravitelnost, udržovatelnost, skladovatelnost apod. Kvantitativně se spolehlivost určuje různými číselnými charakteristikami.

Všimněme si, že v definici jsou zdůrazněny čtyři základní pojmy: pravděpodobnost, přiměřená činnost, doba a provozní podmínky. Tito čtyři činitelé jsou velmi důležití a každý z nich hraje důležitou roli. Postupně si je všechny probereme. [1]

Pravděpodobnost, první základní pojem z definice spolehlivosti, má kvantitativní charakter, neboť je vyjádřena jako číslo (zlomek nebo procento). Pravděpodobnost udává podíl součtu případů, v nichž můžeme očekávat při pokusu nějakou událost, k celkovému počtu pokusů. Tak např. tvrzení „pravděpodobnost P , že zařízení snese 50 hodin činnosti bez poruchy, se rovná 0,65 nebo 65 %“ znamená, že pouze v 65 ze 100 případů můžeme očekávat, že nedojde během 50 hodin činnosti k žádné poruše. [1]

Přiměřená činnost je druhý základní pojem z definice spolehlivosti, který již svým názvem ukazuje, že musí být stanoveno kritérium jasně specifikující, popisující nebo definující, co je považováno za uspokojivou činnost. Představme si např., že se porouchá jedna ze zapalovacích svíček osmiválcového automobilového motoru; motor může v tomto případě klepat, avšak bude dále fungovat. Činnost zde můžeme považovat za přiměřenou, dojede-li automobil v předepsané době na místo určení. Když se však zcela porouchá motor, nebo když jen sotva funguje, potom nesporně nemůžeme považovat tento stav za přiměřenou činnost. [1]

Třetí základní pojem z definice spolehlivosti, doba, je jedním z nejdůležitějších, neboť vyjadřuje časový interval, v kterém můžeme očekávat určitý funkční stav. Časové závislosti jsou základní koncepcí spolehlivosti; bez znalosti pravděpodobnosti bezporuchové činnosti v daném čase totiž nemůžeme určit pravděpodobnost úspěšného splnění úkolu, jehož trvání je vymezeno. [1]

Provozní podmínky, které předpokládáme pro uvažované zařízení, jsou čtvrtým zásadním pojmem z definice spolehlivosti. Zahrnujeme sem mimo jiné takové typické činitele, jako je teplota, vlhkost, nárazy a chvění. Zkušenosti potvrzují, že každý z těchto činitelů má určitý vliv na činnost zařízení. Je tedy nutné zahrnout je do specifikací spolehlivosti. V opačném případě by totiž byla definice spolehlivosti relativně bezvýznamná. [1]

1.2 Definice jakosti

Uvedeme si obvyklou definici jakosti:

Jakost výrobku je stupeň upotřebitelnosti výrobku k plnění určeného úkolu a souladu jeho provedení s normami. [1]

Dnešní pojetí jakosti výrobku:

Jakost výrobku je dána souhrnem vlastností, zejména funkčních vlastností, vzhledu, spolehlivosti a životnosti, jestliže předpokládáme jeho používání k funkci, pro kterou je určen, při stanovených podmínkách. Stanovení vlastností výrobku musí vycházet ze současného vývoje techniky a dbát na národohospodářské požadavky. V tomto pojetí je tedy i spolehlivost výrobku zahrnuta do jeho jakosti. [1]

Ve specifikacích jakosti výrobku zpravidla neuvažujeme časové závislosti, jak je tomu běžně ve specifikacích na spolehlivost. Specifikace jakosti většinou obsahují technické podmínky kladené na výrobek nebo obsahují popis zkoušek, při kterých musí výrobek obstát, bez uvažování časových závislostí. [1]

V elektronickém průmyslu je mnoho různých norem, určujících technické podmínky výrobku a třídících vady výrobku z hlediska jakosti. Vady se zpravidla rozdělují na hrubé, podstatné a nepodstatné. Tohoto třídění se používá pro různé kategorie vad, jako jsou vady pájení, vady zapojení, vzhledové vady apod. U pájení např., nespájený nebo „studený“ spoj považujeme zpravidla za hrubou vadu, kdežto nedostatečné propájení může být označeno za nepodstatnou vadu. Je tedy zřejmé, že jakost je relativním měřítkem, neboť je určena normami a dohodami platnými pro ten či onen typ výrobku. [1]

Zkušenost ukázala, že dobrá jakost je podstatnou složkou vysoké spolehlivosti, neboť špatné provedení může zkrátit dobu života výrobku a mít tak nepříznivý vliv na jeho spolehlivost. V této kapitole si proto všimneme některých činitelů, kteří působí na jakost výrobku. [1]

1.3 Důležitost spolehlivosti

V dnešní době rozvoje vědy, kdy se používají rozsáhlá a složitá zařízení pro vojenské i vědecké účely, se stává vysoký stupeň spolehlivosti naprostou nutností. Selhání zařízení v kritickém okamžiku je vážným nebezpečím, ohrožujícím jak majetek, tak i lidské životy a národní bezpečnost.

Za starých časů byly zbraně poměrně jednoduché. Meč se skládá v podstatě z jediného kusu kalené ocele a jeho zlomení v bitvě mělo vliv jen na osud postiženého bojovníka. Dneska však může mít selhání jediné řízené střely vliv na výsledek celé bitvy, zvláště měla-li tato střela zničit strategický cíl. Dnešní zbraně na rozdíl od meče, se skládají z tisíců drobných součástí vytvářejících složitou strukturu moderní zbraně. Porucha jediné z těchto součástí může mít - a v četných případech také má - nepříznivý vliv na činnost celé zbraně. U složitých zařízení, která mají být velmi spolehlivá, musí tedy vykazovat jejich jednotlivé součásti vysoký stupeň spolehlivosti. Stav techniky však často neumožňuje

výrobu těchto součástí s požadovanou spolehlivostí a musíme tedy použít jiné metody na zvýšení spolehlivosti. Některé z těchto metod probereme v odstavci 1. 4. [1]

1.4 Metody na dosažení spolehlivosti

Základní metodou na dosažení spolehlivosti výrobků je dokonalá konstrukce. V některých případech je tato cesta snadná, kdežto v jiných je nesmírně obtížná. Architekt a stavitel má poměrně snadnou práci s návrhem budovy, neboť zná dostatečné množství údajů o pevnosti stavebních materiálů. Rovněž má informace o stavbách podobných jeho návrhu. Stavitel si tedy může být jist, že budova postavená podle jeho plánů bude velice spolehlivá, neboť snese všechna uskutečnitelná zatížení, kterým může být vystavena po dlouhou dobu. [1]

Stavební inženýr navrhující visutý most má při své práci podobné výhody jako architekt. Kromě toho oba používají bezpečnostních součinitelů ve všech případech, v nichž mají nějaké pochybnosti o schopnostech některé konstrukční části, že vydrží určité zatížení. To znamená, že nedimenzují své konstrukce tak, aby snášely právě určené zatížení, nýbrž tak, aby mohly snést i zatížení větší. Některé z bezpečnostních součinitelů dosahují až čtyřnásobku ve srovnání s teoretickými požadavky. Finanční náklady bývají zpravidla jediným omezením stupně bezpečnostních součinitelů používaných ve stavebních projektech. [1]

Inženýr - elektronik se musí naopak vypořádat při konstrukci nového výrobku s celou řadou omezení. V podobném postavení je i letecký konstruktér. Mezi omezení náleží cena, váha, objem a prostorové uspořádání. Kromě toho podléhají požadavky na konstrukci neustálým změnám a údaje o spolehlivosti použitých dílčích celků a součástí nejsou vždy dostupné. Konstruktér se tu proto musí uchýlovat k zvláštním postupům a k zdoluhavým zkouškám, aby dosáhl požadovaného stupně spolehlivosti při uložených omezeních. [1]

Jeden z úspěšně používaných postupů je metoda předpovědi spolehlivosti. Jde tu o syntézu vlivů spolehlivosti různých dílů a součástí, obsažených ve vyvíjeném zařízení, a o výpočet celkové spolehlivosti, opírající se o určité statistické metody. [1]

Hlavní výhoda předpovědi spolehlivosti spočívá v tom, že konstruktér získá jasný odhad dosažitelné spolehlivosti. Rovněž může zjistit ty součásti nebo konstrukční prvky, které nepříznivě působí na spolehlivost, a může pak rozhodnout, zda je třeba používat zálohování či jiné metody pro zvýšení spolehlivosti. Při zálohování dosazujeme více než jeden prvek pro zajištění lepší spolehlivosti. Porouchá-li se jeden prvek, nastupuje na jeho místo další. Není to nikterak nová metoda. Dvojitá kola u nákladních automobilů a u podvozků letadel jsou běžnou ukázkou zálohování. Porouchá-li se jedna pneumatika, vystačíme zpravidla s druhou až do té doby, kdy můžeme opravit poškozenou. V elektronickém zařízení můžeme použít paralelních odporů, takže při spálení jednoho odporu přebírá zátěž druhý. Zálohování je dobrá metoda, které může konstruktér používat. Je ovšem třeba, aby pečlivě uvážil všechny důsledky a zaručil, že zbývající neporušený prvek bude schopen zajistit

správnou činnost a že nedojde k nežádoucím účinkům na jiné prvky zařízení, které by vyvolaly další potíže. [1]

Jiná metoda zálohování používá přepínání. Porouchá-li se původní prvek, přepne se na jeho místo záložní. Příkladem je automatická telefonní ústředna. Volí-li účastník číslo a není-li příslušný krokový volič schopen provozu, přebírá jiný volič úkol propojit hovorovou cestu. Účastník je uspokojen a nemá ani ponětí, že v ústředně došlo k poruše voliče. Touto metodou se rovněž zaručuje nepřetržitá celková spolehlivost soustav, i když je součást nebo dílčí celek ve stavu poruchy. [1]

Jiný způsob zajišťování spolehlivosti zařízení jsou mezní zkoušky. Předepisuje je konstruktér jakožto metodu předpovědi pravděpodobnosti blížících se poruch. U elektronického zařízení mohou mezní zkoušky spočívat ve zjištění chování určitých součástí při napájení nejvyšším přípustným napětím. Tímto způsobem lze vyloučit opotřebené součásti a nahradit je dříve, než se u nich projeví skutečná porucha. [1]

Při zajišťování vysoké spolehlivosti je rovněž třeba uvažovat udržovatelnost. Mohou-li se rychle vyměňovat a nahrazovat díly zařízení, můžeme rychle opravit poruchu nahrazením vadné součásti nebo dílčího celku zařízení dobrým náhradním dílem. Může-li být taková náhrada provedena rychle, je zařízení dobře opravitelné a jeho pohotovost je vysoká. [1]

Promyšlená konstrukce umožňuje rychlou výměnu součástí a zaručuje tak nejkratší dobu prostoje při poruše. To znamená, že elektrické a mechanické tolerance jsou dostatečně široké, že zařízení bude pokračovat v činnosti po nahrazení součásti bez rozsáhlého nastavování a seřizování. Dále je třeba, aby se součásti daly vyměňovat rychle a bez demontáže okolních dílů. [1]

Zabudovaná zkušební zařízení jsou další účinnou metodou zajišťování spolehlivosti. U elektronických zařízení se zpravidla používá zkoušecích obvodů, umožňujících jednoduše zjistit stisknutím tlačítka, zda určitý díl pracuje či nepracuje. Prostým stisknutím tlačítka a pouhým pohledem na patřičnou kontrolní žárovku se tak rychle dozvíme o správné činnosti určitého obvodu. Potom můžeme předepsat údržbářský postup, jak zkontrolovat, zda je celé zařízení i jeho jednotlivé části v provozuschopném stavu. [1]

Jinou metodou pro dosažení vysoké spolehlivosti je tzv. zahořování. Zařízení obecně prochází při svém používání třemi samostatnými a zřetelnými obdobími. První, počáteční období se vyznačuje poměrně vysokou intenzitou poruch zařízení a tedy i zvýšeným výpadem způsobeným „dětskými nemocemi“ zařízení. V druhém období je zařízení v normálním provozu a zkušenosti ukazují, že intenzita poruch je tu konstantní. Toto období se proto rovněž označuje jako období konstantní intenzity poruch. V třetím období se již projevuje opotřebení součástí, které způsobuje rychlý vzrůst četnosti a intenzity poruch. Rychlý vzrůst těchto charakteristik spolehlivosti je tak známkou, že zařízení zestárlo nebo se opotřebovalo. [1]

Zahořování používáme v počátečním období. Je to postup urychlující ukončení počátečního období tím, že výrobek necháváme v provozu, je-li třeba ve dne v noci, dokud se neprojeví všechny počáteční poruchy a nejsou odstraněny. Po zahoření předpokládáme, že je výrobek v druhém období, v

období normálního provozu, v němž vykazuje konstantní intenzitu poruch a poměrně lepší spolehlivost. [1]

Zkoušení na zničení je jiná metoda vylučování možných poruch. Vycházíme tu z předpokladu, že se součást vystavená nadměrnému zatížení předčasně porouchá. A naopak, přežije-li součást tuto zkoušku, považuje se za velmi spolehlivou v méně přísných podmínkách skutečného provozu. Tato metoda se jeví jako vynikající a pravděpodobně velmi účinná pro staticky namáhané součásti. Nauka o pevnosti materiálu je vlastně založena právě na tomto pojetí. Člen nosné konstrukce, jako trám nebo příhradový nosník, zajisté snese menší zatížení, než kterým byl zkoušen. Tato metoda má však naopak pro dynamická namáhání, jako je působení opakovaného zatížení nebo chvění, pochybnou cenu, nejsou-li při zkoušce napodobeny skutečné podmínky. To platí zejména pro elektronické obvody, neboť zde poruchy nejsou vždy způsobeny zvýšeným napětím nebo jiným krajním zatížením a přesné napodobení je proto obtížné. Mnoho poruch součástí je totiž důsledkem jejich nevhodného použití a neslučitelnosti s navazujícími obvody. Pro dynamicky namáhané součásti je proto účinnost zkoušení na zničení pochybná. [1]

Jiný postup pro zajištění spolehlivosti, stanovený běžně v předpisech spolehlivosti, je vybírání součástí podle zvláštních zkoušek. Je to nákladná metoda a přitom není tak účinná, jak by se mohlo zdát. Pro většinu součástí zde provádíme stoprocentní zkoušení za mimořádných okolních podmínek. Tyto podmínky zpravidla předepisují střídání nízké a vysoké teploty, vlhkosti i vystavení součásti chvění a nárazům. Předpokládá se, že součásti, které přečkaly takové zkoušky, budou v konečném výrobku spolehlivě pracovat.

Vybírání součástí má četné nevýhody, z nichž některé typické uvedeme:

1. Metoda je nákladná a má pochybnou cenu.
2. Při zkoušení součástí nejsou vždy napodobeny podmínky provozu a použití.
3. Málo známe vliv těchto přísných zkoušek na samotné součásti. Při zkoušení může ve skutečnosti dojít k částečnému opotřebení místo k zvýšení spolehlivosti. [1]

1.5 Měřítka spolehlivosti

Číselné vyjádření spolehlivosti je bezvýznamné, není-li provázeno výčtem podstatných fyzikálních podmínek a popisem prostředí, při nichž se zjišťovala spolehlivost. Spolehlivost výrobku totiž musí být udána ve vztahu k jeho provozním podmínkám, neboť při jejich změně se mění i číselné charakteristiky vyjadřující spolehlivost. [1]

Je např. klamné, inzeruje-li výrobce automobilů bez jakýchkoliv výhrad, že jeho automobily ujedou více než 100 000 mil, aniž by se musely vyměnit brzdy. Pochopitelně, zkouší-li se spolehlivost brzd na dálnicích, je třeba jen zřídka brzdít. Kdežto při zkoušce na 100 000 mil v městském provozu můžeme očekávat větší opotřebení brzd, způsobené jejich častějším používáním. [1]

Nejobvyklejší číselné charakteristiky spolehlivosti jsou intenzita poruch λ , pravděpodobnost bezporuchového provozu P_T a střední doba mezi poruchami $T_{stř.}$. Intenzita poruch se zpravidla vyjadřuje v poruchách na jednu hodinu, 100 h, 1000 h, nebo v procentech poruch na 1000 h. Pravděpodobnost bezporuchového provozu je vyjádřena jako desetinný zlomek nebo procento a udává pravděpodobnost nebo očekávaný relativní počet výrobků, které budou správně pracovat během daného časového intervalu. Je-li např. pro splnění určitého úkolu třeba 10 hodin a zkoušel-li se velký počet výrobků, z nichž všechny správně pracovaly 10 nebo více hodin, máme tu stoprocentní spolehlivost. Pracovalo-li naproti tomu po dobu 10 nebo více hodin pouze 80 % výrobků, usoudíme, že jejich spolehlivost pro daný úkol je 80 %. Známe statistické metody a probereme je později, které nám ukazují, do jaké míry můžeme důvěřovat výsledkům zkoušek spolehlivosti. [1]

Střední doba mezi poruchami se vyjadřuje v hodinách. Čím větší je střední doba mezi poruchami, tím větší je spolehlivost. Jak již naznačuje název, střední doba mezi poruchami je poměr úhrnné doby zkoušky zařízení k celkovému počtu poruch. [1]

Intenzita poruch je převrácená hodnota střední doby mezi poruchami. Čím menší je číselná hodnota intenzity poruch, tím větší je tedy spolehlivost. [1]

1.6 Co považujeme za uspokojivou spolehlivost?

Jak jsme viděli v předchozím odstavci, spolehlivost měříme ve vztahu k uloženému úkolu. Ideálně bychom chtěli, aby bylo splnění úkolu stoprocentní, aby byl splněn ve všech případech. Avšak hlediska praxe ukazují, že tento ideál nelze vždy splnit. Příčinou mohou být konstrukční problémy, které musí být pevně rozhodnuty, nebo omezení finančních nákladů, nebo další činitele, jako je čas, váha, prostor a údržba. Konstruktor musí uvážit všechny omezující činitele, aby našel optimální podmínky pro návrh nového výrobku. Může se např. spokojit s 95 % úspěšných provedení daného úkolu, musí-li splnit rozpočtové požadavky. Nebo může připustit nejdelší prostoj, potřebný pro opravu, a považuje každou opravu provedenou během této doby za známku uspokojivé činnosti. Toto poslední pojetí obsahuje princip pohotovosti. [1]

Ve všech případech je hlavním účelem úvah o spolehlivosti zajistit úspěšné splnění úkolu. Proto je třeba jasně popsat uložený úkol, aby nevznikly pochyby o tom, co se vlastně musí provést. Popis má vymezit určitou volnost v plnění úkolu, která je přípustná, aniž považujeme splnění úkolu za neúspěšné. Konstruktor potom může přistoupit k návrhu a stanovit požadovanou spolehlivost vzhledem k patřičným provozním podmínkám. [1]

1.7 Obecné směrnice pro specifikace spolehlivosti

Dobré specifikace spolehlivosti musí obsahovat metody pro zjištění, že žádané spolehlivosti bylo skutečně dosaženo. Bylo napsáno mnoho specifikací, které jsou zcela všeobecné a postrádají podrobnosti, nezbytné k tomu, aby se mohlo vyhovět požadavkům na spolehlivost. Nastíníme tu proto základní body, které musí být obsaženy ve specifikacích spolehlivosti. [1]

Účelné specifikace spolehlivosti mají, povšechně vzato, vymezit způsoby měření, hodnocení, zlepšení a předpovídání spolehlivosti. Každá specifikace má pro každý bod stanovit účel, místo, metody, potřebné přístroje, okolnosti a postupy. Podrobnosti každé specifikace v podstatě závisí na charakteristikách posuzovaného zařízení a na jejich důležitosti pro určení spolehlivosti. [1]

V následujících bodech jsou krátce shrnuty nejdůležitější směrnice dobrých specifikací spolehlivosti:

- Definice zařízení nebo soustavy.
- Informace o stáří soustavy, výrobním stadiu a obměnách.
- Kritéria uspokojivé činnosti.
- Podklady pro časové výpočty.
- Popis provozních podmínek.
- Popis podmínek údržby.
- Definice selhání a poruchy.
- Definice provedení výběrů a výpočtů.
- Jiné úvahy. [1]

1.8 Výrobní opatření působící na spolehlivost.

Je mnoho výrobních opatření, která mají vliv na spolehlivost výrobků. Nejdůležitější z nich je kontrola jakosti, která se uplatňuje v různých oblastech, jako je hodnocení provedení, výrobních postupů, materiálů, skladování i výdeje součástí a materiálů, hodnocení změn konstrukce a odchylek, dále při kontrole a zkoušení výrobků a materiálů a v mnoha dalších oblastech. Jak vidíme, výčet působnosti kontroly jakosti je rozsáhlý. Je však třeba si uvědomit, že posláním kontroly jakosti spočívá, jak již naznačuje její název, pouze ve vyhodnocování nebo kontrolování. Kontrola jakosti se např. zabývá vyhodnocením efektivnosti nějakého výrobního postupu, jako je třeba pokovování; avšak skutečné rozhodování a postupu pokovování nebo jeho rozplánování a další vývoj je zpravidla úkolem provozního inženýra. [1]

V popředí zájmu kontroly jakosti je u výrobku provedení. Neodpovídá-li totiž provedení stanoveným požadavkům, může mít nepříznivý vliv na spolehlivost výrobku. Tak třeba nedokonalé pájení mívá zpravidla za následek skryté vady, které se konečně projeví ve zkrácení doby života elektronického zařízení. Obzvláště je tomu tak při studených spojích. Důsledkem je potom malá spolehlivost, nebyla-li ovšem včas taková skrytá vada objevena a opravena. [1]

Známe dvě základní metody, jichž lze používat k zajištění dobrého provedení výrobků. První z nich je zavedení dobrých výrobních metod a postupů. Druhá metoda je pečlivá kontrola výrobků. Kontrolovat se může v různých fázích výrobního postupu; takovou kontrolu označujeme jako mezioperační. Kontroluje-li se hotový výrobek, jde o tzv. výstupní kontrolu. [1]

Nejlepší metodou kontroly jakosti je kontrola výrobního postupu. Tato metoda je nejekonomičtější. Kontroloři tu vynášejí svá zjištění do regulačních diagramů, které ukazují, zda je výrobní postup v povoleném rozmezí, nebo zda z něho vybočil, zda je zapotřebí seřadit určitý výrobní stroj apod. Je vždycky lepší kontrolovat výrobní postup přímo během výroby než až po dokončení celé dávky výrobků. Kontrola po ukončení výroby bývá proto považována za zbytečné vydání. Většina výrobních postupů závisí na lidech a na strojích, u kterých nelze pochopitelně zaručit neomylnost. Kontrola je proto nezbytnou nutností pro zajištění výroby dobrých výrobků. [1]

V každém případě (bez ohledu na to, zda je dobré provedení výsledkem dobré výrobní metody, účinné kontroly, nebo jak metody, tak i kontroly) má kontrola jakosti nejdůležitější úlohu při zaručování, že výrobek skutečně odpovídá stanoveným jakostním normám. [1]

Na spolehlivost výrobku dále působí volba, skladování a jakost použitých materiálů i součástí. Předepíše-li konstruktér nedopatřením nevhodnou dvojici různých materiálů pro stýkající se součásti, může dojít ke korozi. Při dobře prováděné kontrole jakosti se pravděpodobně zjistí včas tento nedostatek a může být napraven. Mohli bychom vyjmenovat mnoho případů, jak mohou materiály působit na spolehlivost. Skryté vady jsou totiž zpravidla způsobeny nesprávným použitím materiálů nebo špatným zacházením s nimi. Např. kyselá pájka sice zaručuje dočasně dobrý spoj, později však podléhá korozi, a proto má nepochybně nepříznivý vliv na spolehlivost. [1]

Nevhodné skladování materiálu může mít za následek jeho pokažení, které se pravděpodobně projeví v malé spolehlivosti vyráběného zařízení. V jednom případě bylo např. zjištěno, že se kovové součásti skladovaly v blízkosti galvanizačního oddělení a byly zasaženy korozivními výpary. Součásti byly později nastříkány nátěrem. Stopy kyselin, které zůstaly pod vrstvou nátěru, zavinily loupání nátěru, což mělo nepříznivý vliv na spolehlivost výrobku. [1]

Nesprávným zacházením na montážní lince nebo na jiných místech se mohou součástky poškodit. Každé poškození, i sebe nepatrnější, může mít nepříznivý vliv na spolehlivost. V jednom případě byly např. choulivé součásti elektronického zařízení pro mikrovlnnou oblast znečištěny kovovými třískami, které zavinily odírání součástí. Důsledkem bylo zkrácení doby života součástí, což se dále projevilo v podstatném snížení spolehlivosti výrobků. [1]

Kontrola jakosti má své důležité místo rovněž v poloproduční výrobě a při ověřování nových konstrukcí výrobků. Je dobře známo, že nový výrobek prodělá několik konstrukčních změn, než se zařadí do běžné výroby. V některých případech, ať již způsobených potřebou rychlé dodávky nových výrobků, nebo nedostatečnou obezřelostí, napíše konstruktér specifikace nového výrobku podle neúplných nebo nedostatečných údajů. Dostanou-li se takové specifikace beze změn do výroby, buď se podle nich nedá vůbec vyrábět, nebo se v továrně musí udělat drahá přizpůsobení nebo výběr

součástí pro montáž. Montáž z vybraných součástí je velmi nákladná a nežádoucí, neboť se musí pečlivě vybírat k sobě se hodící součásti, aby se z nich dal sestavit spolehlivý výrobek. V poloprovozní výrobě se ještě mohou zavádět konstrukční změny podle objektivních zjištění, a právě proto v poloprovozní výrobě může kontrolor ovládající statistické metody vykonat největší kus práce. Kontrolor tu sbírá údaje pro analýzu výrobních postupů. Podle statistické analýzy pak rozhodne, zda je, či zda není výrobní postup v souladu se specifikacemi. Závěry z kontroly jakosti se dále posuzují z hlediska spolehlivosti a výroby. Tak se dochází ke konečnému rozhodnutí, zda se musí výrobek překonstruovat, či zda se pozmění specifikace nebo výrobní postup. [1]

Kontrola jakosti vystupuje ještě v mnoha jiných směrech, které se podílejí na zlepšení spolehlivosti výrobků. Oddělení kontroly jakosti zkoumá odchylky od předepsaných specifikací a má právo neschválit výrobu při zhoršení jakosti nebo spolehlivosti. Toto oddělení provádí rovněž výběrové zkoušky spolehlivosti, nebo na ně dohlíží. Shromažďují se tu údaje o zkouškách a informace o poruchách a analyzují se, nebo se informace předávají odborníkovi na spolehlivost, aby podle nich určil potřebné konstrukční úpravy. Oddělení kontroly jakosti obecně zodpovídá za zajištění účinné soustavy hlášení poruch, která zaručuje spolehlivé údaje o poruchách a včasná nápravná opatření.“ [1]

2 DIAGNOSTIKA

„Jedním z požadavků, který přináší technický rozvoj našeho průmyslu, je potřeba výrazně zlepšit extenzivní a intenzivní využití výrobních prostředků a zařízení. K tomu je nutno vytvářet technické, technologické a organizační podmínky a také zdokonalit metody údržby. [2]

Tyto metody bývají někdy poplatné přehnanému prakticismu. Zásadní pokrok na tomto úseku je umožněn teprve aplikací vybraných závěrů teorie spolehlivosti. Cílem moderní údržby je zajistit provozní spolehlivost strojů a strojních zařízení, zvláště těch, které jsou technologicky nenahraditelné, velmi drahé, popřípadě tvoří úzký výrobní profil. [2]

Z provozně opravárenského hlediska mají tedy velký význam nově se prosazující metody příbuzného charakteru, které tvoří obor technické diagnostiky. [2]

Diagnostiku definujeme jako obecnou nauku o zjišťování poruch. resp. celkového technického stavu zařízení. [2]

Sovětská literatura definuje tento vědní obor takto: Technická diagnostika je vědní obor, který sleduje formy projevu poruch v technických zařízeních, vypracovává metody jejich odhalování a také principy konstruování diagnostických zařízení. [2]

Pro praxi mají hlavní význam metody takzvané bezdemontážní diagnostiky. Název dostatečně vysvětluje jejich poslání - bez demontování a většinou i za chodu zařízení rozpoznávat místa ohrožená poruchou.

Zásadně rozlišujeme tři typy úloh pro určení stavu technického objektu:

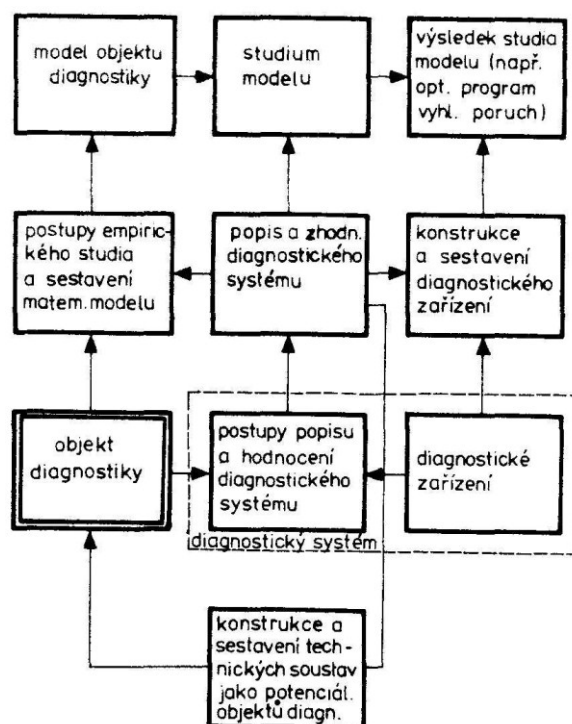
- Vlastní technickou diagnostiku, která se zabývá zjišťováním technického stavu objektu v přítomnosti.
- Technickou prognostiku zahrnující úlohy, které řeší problematiku předvídání technického stavu na určitý časový nebo jinak definovaný úsek života objektu.
- Technickou genetiku, zkoumající stav, ve kterém se objekt nacházel v určité době minulosti. [2]

Úkoly technické genetiky vznikají např. při vyhodnocování havárií a jejich příčin, jestliže se okamžitý stav objektu liší od toho, ve kterém se nacházel v okamžiku havárie. Tyto problémy se řeší určením možných nebo pravděpodobných příčin vedoucích k současnému stavu objektu. [2]

Mezi úkoly technické prognostiky patří např. úlohy spojené s určením doby provozu objektu nebo s určením periodicity jeho pravidelných prohlídek a oprav. Řeší se cestou určení možného nebo pravděpodobného vývoje stavu objektu, který začíná od současného času. Z těchto důvodů je znalost okamžitého stavu objektu - diagnóza - jak pro genezi, tak i pro prognózu potřebná. [2]

Technická diagnostika zahrnuje a předpokládá řešení řady otázek (viz obr. 1):

- analýzu konkrétních objektů,
- analýzu a sestavení odpovídajících matematických modelů,
- výzkum a sestavení konkrétních diagnostických zařízení.



Obr. 1 Vzájemná vazba základních aspektů technické diagnostiky

První aspekt technické diagnostiky - analýza konkrétních objektů diagnostiky - je spojen s rozpracováním metod měření a vlastním řešením těchto základních úloh:

- Prostudování normální činnosti objektu diagnostiky.
- Určení prvků objektu z hlediska výskytu možných poruch a určení vzájemných vazeb.
- Určení možných stavů objektu, tj. možných kombinací poruch prvků.
- Analýza technických možností zjišťování příznaku, které charakterizují stav objektu.
- Sběr a zpracování statistických materiálu, což umožňuje určit rozložení pravděpodobnosti možných stavů objektu a také zákonitosti projevu poruch jeho jednotlivých prvků. [2]

Všechny tyto úkoly předpokládají empirické sledování konkrétních objektů diagnostiky a diagnostických postupů.

Druhý aspekt technické diagnostiky - analýza a sestrojení odpovídajících matematických modelů - je spojen se sestavením matematických modelů objektů a diagnostických postupů a tvoří tyto úlohy:

- Rozpracování metod sestrojení diagnostických testů pro vyhledání porouchaných prvků.
- Sestavení optimálních diagnostických programů, tj. sledů prověrek umožňujících posoudit stav objektu metodou postupného vyhledávání. [2]

Třetí aspekt technické diagnostiky - výzkum a sestrojení konkrétních diagnostických zařízení - má tyto cíle:

- Popis existujících diagnostických zařízení.
- Seznámení s principy jejich projektování.
- Zhodnocení diagnostických zařízení z hlediska rychlosti operací, spolehlivosti, věrohodnosti diagnózy atd.
- Zhodnocení účelnosti a ekonomické efektivity navrženého stupně automatizace diagnostického procesu. [2]

Zatím se však často současné technické soustavy projektují bez uvažování požadavku diagnostiky. To se hlavně projevuje v tom, že není realizován potřebný informační subsystém. Je zřejmé, že automatizace diagnostických procesů vyžaduje speciální organizaci technických soustav, které umožní rychlé a pohodlné připojení diagnostických zařízení. Proto má velký význam vypracování vědecky zdůvodněných doporučení, která již v etapě projektování technické soustavy umožní zvolit princip činnosti a organizaci soustavy tak, aby odpovídaly požadavkům technické diagnostiky. Tak se vytváří nový objekt výzkumu - diagnostický systém. [2]

Je třeba zdůraznit, že přístup technické diagnostiky ke studiu tohoto nového objektu diagnostického systému - je v zásadě odlišný od přístupu ke studiu objektu diagnostiky. Jestliže objekt diagnostiky představuje zájem pouze ze strany zákonitostí projevování a odhalování poruch, potom diagnostický systém studujeme s ohledem na zákonitosti jeho organizace a činnosti vzhledem ke kritériím hodnocení jeho efektivity. [2]

2.1 Technický rozvoj a diagnostika

Existence kteréhokoliv výrobku je charakterizována těmito etapami:

- Projekt - formování požadavků na provozní využití výrobku a návrh technického řešení.
- Konstrukce - vypracování podkladů pro výrobu včetně jejich ověření na prototypu.
- Výroba - vyrobení dílu a celého výrobku podle dokumentace včetně jeho uvedení do chodu.
- Provoz - využívání výrobku podle určení (podle technických podmínek) včetně jeho skladování nebo využití jako zálohy. [2]

Zatímco etapy projekce a konstrukce představují formulování požadavku budoucího uživatele a jejich promítnutí do konkrétního konstrukčního řešení, výroba a provoz představují skutečný život výrobku. [2]

Přirozeným požadavkem jak výrobce, tak zejména uživatele je zabezpečit maximální provozní využití výrobku, a tím dosáhnout jeho vysoké užitné hodnoty. Toto využití závisí zejména na vysoké provozní spolehlivosti výrobku a na optimální organizaci provozního využití. [2]

Provozní spolehlivost je tvořena inherentní spolehlivostí výrobku, která je určena jeho konstrukčním řešením a plněním předepsaných funkcí, obvykle formulovaných v technických podmínkách výrobku. U některých výrobků přistupují ještě požadavky na splnění zvláštních bezpečnostních předpisů, které spolu s běžnými bezpečnostními požadavky také tvoří součást technických podmínek. [2]

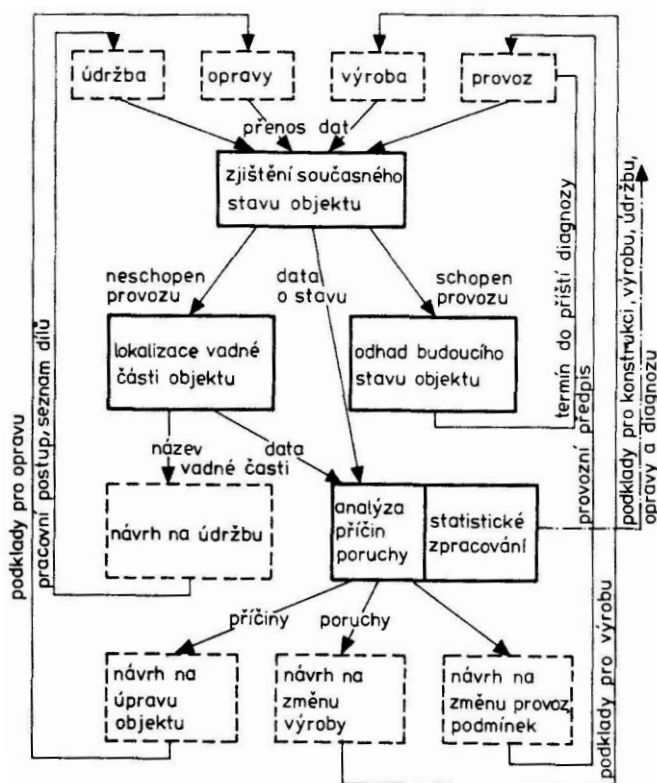
Používáním a skladováním výrobků dochází v materiálech, jednotlivých součástech a vazbách mezi nimi k postupným nebo skokovým změnám, které všeobecně charakterizujeme jako opotřebení a stárnutí. Tyto nevratné změny neprobíhají rovnoměrně ani v čase, ani na témže místě. Nerovnoměrnosti, můžeme pozorovat jak na jednotlivých součástech, tak i na zařízení jako celku. V určitých místech se objevují kumulativní projevy opotřebení a stárnutí - kritická místa, jak spojitých tak i nespojitých nevratných změn - poruch. [2]

Tyto nerovnoměrnosti v rozložení a průběhu nevratných dějů ztěžují jak podmínky pro plynulou výrobu, tak i pro bezporuchové provozní využívání výrobku. Stává se, že vlivem nerovnoměrné životnosti součástí výrobků dochází k řetězovitým projevům poruch - postupným výpadkům strojů a zařízení způsobeným provozní nespolehlivostí. Homogenizace životnosti zařízení je v této situaci důležitým nástrojem pro komplexní řešení neuspokojivého provozního stavu. [2]

Optimální podmínky řešení je možné vytvořit jen při úzké spolupráci všech zúčastněných složek, a to:

- Projekce.
- Konstrukce.
- Technologie a materiálu.
- Výroby.
- Provozního využití.
- Technického a právního dozoru (dohledací úřad). [2]

Vzájemné vazby mezi těmito složkami jsou vyjádřeny na obr. 2 a dostávají se do popředí zvláště při konfrontaci se současným stavem. Tyto vazby ve většině průmyslových odvětví totiž v podstatě neexistují, nebo mají nevyhovující úroveň. Důsledky tohoto stavu - pokles technické i produkční úrovně řady našich výrobků - se projevují i na poli obchodním. [2]



Obr. 2 Schéma vazeb při diagnostice

Jeden z hlavních činitelů tohoto vývoje byl nalezen i ve vztahu mezi výrobcem a uživatelem, popř. technickým dozorem. Konkrétním projevem tohoto vztahu musí být výměna zcela konkrétních,

určitým způsobem zpracovaných informací. K této všeobecně žádoucí výměně údajů však často nedochází ze zcela triviálních důvodů - údaje se nesledují pro obtíže při jejich sběru a vyhodnocování. Podrobnější průzkum odhalí, že je to následek nedostatečného rozvinutí všech forem diagnostických metod a prostředků. [2]

Používání diagnostických metod a prostředků jak při výrobě, tak i provozu se stává stále více běžným jevem, zejména s ohledem na stále vzrůstající složitost a technickou náročnost strojů a strojních zařízení. [2]

Úkolem diagnostikování (testování) při výrobě je především ověřovat kvalitu. Diagnostické testy jsou prováděny ve zvolených mezivýrobních etapách tak, aby bylo dosaženo požadovaného stupně kvality výrobku za minimální náklady a bylo upřesněno rozhodnutí, co a kdy testovat v následujících etapách výroby. [2]

Účelem diagnostikování v provozu je dosáhnout požadovaného stupně disponibility výrobku za minimálně možné náklady s ohledem na dané provozní podmínky. [2]

Základní požadavky na testování za provozu se liší v mnoha bodech od požadavků na výrobní testování. Zatímco ve výrobě je zcela normální testovat v každé výrobní etapě, aby se ověřil souhlas s požadavky na prvky, moduly a celý výrobek, v provozu je proces opačný. Počáteční provozní testy jsou určeny k ověření toho, že kontrolovaný výrobek bude plnit svoji funkci podle potřeby a následující testy mohou být využity k progresivní diagnostice poruch, od kompletního výrobku přes podsestavy, moduly až na úroveň prvků. [2]

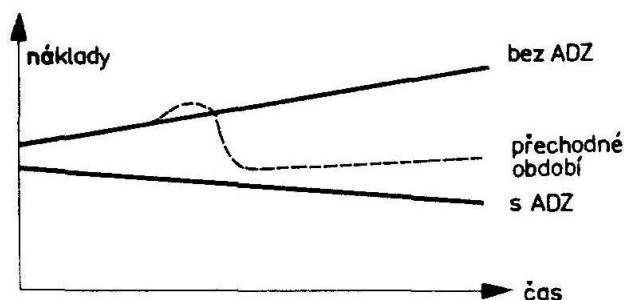
Cílem testování ve výrobě je dosáhnout požadovanou kvalitu výroby za minimální náklady a rozhodování o testování závisí na úsporách, které se projeví v následující etapě výroby. Testovací úsilí, nezbytné v průběhu výroby, se bude měnit se složitostí výrobku a kvalitou, se kterou je vyráběn. Podíl z výrobních nákladů nezbytný k testování během výroby je zřídka nižší než 10 % a v případě elektronického zařízení je často vyšší než 50 % a má stoupající tendenci. [2]

Podstatným požadavkem je pečlivé uvážení, co má být testováno, na jakém stupni výroby nebo kontroly kvality má být testováno a jakými prostředky má být test proveden. Volba, co a kdy má být testováno, musí zahrnovat a měla by být omezena pouze na takové operace, které jsou nezbytné k prokázání kvality výroby nebo provozních předpisu. [2]

Testovatelnost výrobku je důležitým faktorem ovlivňujícím toto rozhodnutí. Zbývá otázka, jak testovat. Odpověď zahrnuje úvahy o technologičnosti řešení, ekonomičnosti, opravitelnosti a rozsahu výroby jako celku. Příklad vlivu zavedení automatického diagnostického zařízení na celkové výrobní náklady je uveden na obr. 3. [2]

Moderní způsob zajištění kvality odmítá testování typu dobrý - špatný v etapě výroby. Bylo zjištěno, že kvalita nemůže být zkoumána na výrobku, ale musí být určitými činnostmi zajišťována jak při projektování, tak i při výrobě, prodeji a servisu. Testování je třeba zahrnout jako integrální část do úvodních formulací požadavků, do projektování a do všech etap výroby a využitelného života výrobku. Plné využití např. automatického diagnostického zařízení pro všechny tyto etapy závisí na

racionalizaci testování a úvahách, jak budoucí projektování výrobku uvažuje tuto techniku a jaký bude mít vliv zpětná vazba vyplývající ze zkušenosti z testování. [2]



Obr. 3 Vliv zavedení automatických diagnostických zařízení na celkové výrobní náklady

Rozsah testování závisí na typu výrobku, avšak může být očekáváno, že zahrnuje:

- Testování součástí u výrobce.
- Testování modulů a sestav.
- Testování celého výrobku.
- Testování celého výrobku v provozních podmínkách. [2]

Toto testování je prováděno pro různé účely, např. předvídání spolehlivosti, ověření konstrukce, ověření kvality. Nejvýrazněji se diagnostika uplatňuje v údržbě zařízení u uživatele, kde zahrnuje:

- Diagnostické testování ke zjištění poruchy do úrovně modulů nebo sestav.
- Testování opravených modulů nebo sestav.
- Diagnostické testování ke zjištění příčin poruch uvnitř modulů nebo sestav.
- Kompletní výrobní testování po velké nebo generální opravě. [2]

Řada jednotlivých testů a sledu testu může být stejná v řadě těchto případů, změny v testovacích metodách jsou vyvolány hloubkou požadované diagnostiky a hodnocení kvality. Tyto postupy jsou stejně dobře použitelné, ať jde o ruční nebo automatické testování, i když automatické testování vyžaduje podrobnější a přesnější popisy testu. Jestliže je použita jakákoliv forma navrhování diagnostických testů s využitím počítače, tím je naléhavější potřeba přesné a jasné komunikace mezi projektantem zařízení a projektantem testování a diagnostiky. Jasné definovaný metodický přístup k řešení problémů testování, zejména jestliže jsou používány automatizované postupy, může přinést řadu výhod všem zúčastněným na projektování, výrobě a provozu. [2]

Řízení kvality vyžaduje faktické informace, na kterých je založeno rozhodování. Tyto informace je třeba získat ze sběru informací a jejich zpracování z průběhu celého života výrobku. Kombinace automatického diagnostického zařízení pro sběr dat a jejich automatické vyhodnocování znamená hospodárný prostředek pro sledování kvality řady nejrůznějších výrobků. Zdroje dat představují zkoušky v etapě vývoje a výroby, výsledky laboratorních a provozních zkoušek kvality, vzorky testů skladovaných výrobků a testy prováděné během provozního života výrobku. Výběr dat je důležitý. Příliš velký objem dat a jejich zpracování bude jistě nákladný, avšak budou odhaleny všechny kritické parametry. Metody sběru a zaznamenávání musí být proto pečlivě uváženy, protože podstatně ovlivňují hodnotu zaznamenávaných dat a jejich hodnocení. [2]

Zatímco ve výrobě je úroveň kvality definována v konstrukčních podkladech, během provozního života se může úroveň kvality pro testovací účely měnit tak, aby pokryla měnící se požadavky uživatelů, stupeň konfidence vynucený rozdílným pracovním prostředím, ekonomikou oprav, záměnností a poruchovostí výrobků. [2]

Rozptýlenost kontrolovaných výrobků je problémem, který často vzniká při údržbě, ale není spojen s testováním při výrobě. Testování funkčních vlastností a diagnostické testování až do úrovně vyměnitelné jednotky může být řešeno buď přemístěním kontrolního zařízení k demontované jednotce, nebo naopak. Podrobnější diagnostické testování porouchaných výměnných bloků se častěji provádí centrálně. [2]

Jiný faktor, který komplikuje provozní testování, je výskyt modifikací diagnostikovaných zařízení v provozu. Tyto potíže jsou ještě větší, jestliže se v provozu používají zařízení s povýrobními úpravami. Tyto okolnosti mají základní vliv na testovací postupy a z toho vyplývá nutnost dostatečně univerzálních testovacích programů a software - testovacího jazyka, který umožní rychlé a jasné přenášení informací mezi projektantem, výrobcem, provozovatelem a údržbou. [2]

2.2 Úlohy a formy diagnostiky – základní pojmy

V úvodu byl formulován obor technické diagnostiky. Zahrnuje teorii, metody a prostředky související s organizací prověrek technického stavu objektu i formulaci při tom vznikajících matematických a technických problémů, metody a prostředky jejich řešení, metody a prostředky technické realizace navržených zařízení, popřípadě jejich začlenění do nadřazeného systému řízení provozu objektu. [2]

2.2.1 Objekt diagnostiky

Objekt (technické) diagnostiky je objekt, u něhož provádíme nebo hodláme provádět prověrku jeho technického stavu za účelem splnění některého z úkolů diagnostiky. Objektem může být výrobní celek, jeho element (blok), strojní prvek, samostatný výrobek atp. [2]

Formalizací funkcí a struktury objektu pro účely řešení úkolů technické diagnostiky získáváme diagnostický model objektu. Je dán strukturou vnitřních bloků objektu, jejich parametry a charakteristikami těchto parametrů. [2]

Základním úkolem diagnostiky je vyslovení diagnózy charakterizující technický stav objektu z hlediska výskytu poruch, přičemž formu diagnózy musí být vhodně využitelná pro optimalizaci profylaktických úkonů s cílem uvést objekt do normálního stavu. [2]

Technický stav objektu definujeme jako souhrn vlastností objektu, které vystihují jeho schopnost vykonávat požadované funkce v daný okamžik. (Popis požadovaných funkcí a podmínek použití tvoří nedílnou součást definice objektu. [2]

Potom provozuschopnost, to je jeho pracovní způsobilost, definujeme jako stav objektu, při kterém objekt v daném časovém okamžiku plní nebo je schopen plnit všechny požadované funkce (schopnost plnit všechny požadované funkce je uvažována bez ohledu na to, zda je objekt v provozu, v prostoji pro údržbu, zda je skladován apod.). Jev spočívající v ukončení schopnosti objektu plnit dokonale požadované funkce podle technických podmínek neboli jev spočívající v přechodu z provozuschopného do neprovozuschopného stavu nazýváme porucha. [2]

V běžné terminologii je rozlišováno více různých druhů poruch, a to z hlediska jejich vzniku, časového průběhu a stupně opotřebení (ČSN 01 0102). Z hlediska aplikace technické diagnostiky je významné toto členění:

Poruchy náhlé - vznikají v důsledku náhlé změny parametrů objektu, nemohou být předvídaný a diagnostika se zde uplatňuje pouze v následné formě, za účelem lokalizace poruchy. Charakteristiky spolehlivosti lze v tomto případě formulovat pouze v závislosti na prosté době provozu bez jakékoliv souvislosti s diagnostikou, a proto není tento druh poruch v této stati dále zkoumán.

Poruchy postupné - vznikají v důsledku postupné změny parametrů, mohou být předvídaný pomocí preventivní formy diagnostiky. Postupné poruchy jsou významné zejména u mechanických strojních prvků a charakteristiky spolehlivosti se zde uplatňují v přímé vazbě na technickou diagnostiku. Z hlediska diagnostiky je účelné je dále členit takto:

Poruchy havarijní - důsledkem postupné změny parametrů objektu je náhlá ztráta provozuschopnosti.

Poruchy degradační - důsledkem postupné změny parametrů objektu je postupné zhoršování jeho užitných vlastností, např. kvality produkce nebo ekonomiky provozu.

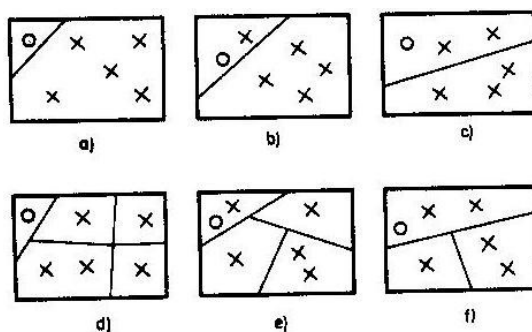
Dále poruchy rozdělujeme podle rozsahu, příčin a časového průběhu.

Bylo řečeno, že objekt považujeme za provozuschopný, jestliže přípustné hodnotě libovolného vstupního signálu odpovídají přípustné hodnoty příslušných výstupních signálů. V opačném případě budeme systém považovat za neschopný provozu. Provozuschopný systém může být jak správný (tj. bez vnitřní poruchy), tak i nesprávný. [2]

Prověra správné činnosti je méně obsažná než prověrka provozuschopnosti, protože zjišťuje správnost funkce pouze v daném režimu a v daném časovém okamžiku. Jinými slovy ve správně

fungujícím objektu nemohou být poruchy, které mu neumožňují správně fungovat v jiných režimech. Provozoschopný objekt bude správně fungovat ve všech režimech a po celou dobu jeho činnosti. Proto správný objekt je vždy provozuschopný a funguje správně, nesprávně fungující objekt je vždy neprovozoschopný a nesprávný. Správně fungující objekt může být neprovozoschopný, tedy s poruchou. [2]

Správnost a všechny nesprávné stavy charakterizuje množina X jeho technických stavů. Prověrka neporušenosti, prověrka provozuschopnosti, prověrka správné činnosti a vyhledání poruch představují dílčí úlohy tvořící diagnózu technického stavu objektu. Na obr. 4 je naznačena množina technických stavů objektu, při čemž správný stav je označen znaménkem 0, nesprávný stav znaménkem x. Výsledkem prověrky neporušenosti - správnosti (obr. 4a), prověrky provozuschopnosti (obr. 4b) a prověrky správné činnosti (obr. 4c) jsou dvě podmnožiny technických stavů. Jedna z nich (levá na obr. 4) obsahuje pouze správný stav (při prověrci správnosti) a kromě správného stavu také ty nesprávné stavy, při nichž objekt zůstane provozuschopným nebo správně fungujícím. Druhá



Obr. 4 Množina technických stavů objektu

podmnožina obsahuje buď všechny nesprávné stavy (při prověrci správnosti), nebo takové stavy, které způsobují, že objekt není provozuschopný nebo nesprávně funguje. Výsledkem vyhledání poruch (obr. 4d, e, f) je rozdělení nesprávných stavů na druhotné podmnožiny. Počet podmnožin počet nesprávných stavů v jednotlivých podmnožinách vyjadřují stupeň rozlišení počtu a obsahu nesprávných stavů (včetně předpokládaných) objektu. Tento stupeň rozlišení se nazývá hloubka vyhledání poruchy, nebo hloubka diagnózy. [2]

2.2.2 Diagnóza technického stavu

Stav objektu lze určit pomocí pozorování různých příznaků stavu objektu. Za příznaky můžeme považovat fyzikální veličiny, funkce těchto veličin měřené na objektu ve statickém nebo dynamickém režimu jeho práce (napětí, proudy, výkony, frekvenční charakteristiky, přechodové funkce, charakteristické funkce atd.) nebo fyzikální veličiny, které nenáleží k objektu, ale jsou dány jeho činností (např. kvalita vyráběné produkce atd.). [2]

V obecném případě uskutečnit výběr kontrolovatelných příznaků stavu objektu bez znalosti charakteristik diagnostického zařízení lze jen předběžně. Optimální soubor kontrolovatelných příznaků

stavu objektu lze najít jedině tehdy, když známe vlastnosti reálného diagnostického zařízení. Příznaky mohou být jednoparametrické nebo víceparametrické. [2]

Pod pojmem parametr příznaku chápeme význam fyzikální veličiny, která charakterizuje příznak. Jednoparametrické příznaky jsou určeny jedním parametrem. Například stejnosměrné napětí je určeno úrovní. Mnohoparametrické příznaky jsou charakterizovány nejméně dvěma parametry. Například střídavé napětí sinusové je charakterizováno minimálně dvěma parametry: amplitudou a frekvencí. [2]

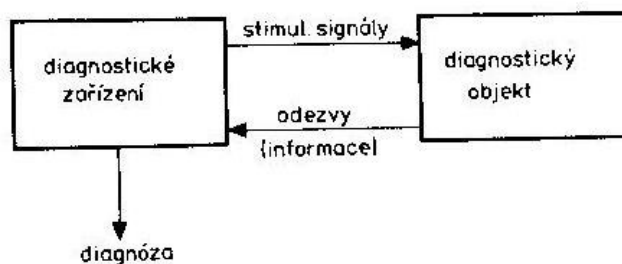
Kontrola objektu se může dít buď v normálním režimu činnosti, nebo v kterémkoliv jiném režimu, který se liší od normálního. Kontrola v normálním režimu činnosti objektu dá ihned odpověď o efektivnosti činnosti objektu. Tuto kontrolu není možno vždy realizovat a někdy není ani žádoucí. Kontrola objektu v režimu odlišném od normálního vyžaduje znalost závislosti činnosti objektu v normálním režimu a v režimu odlišném od normálního. Jestliže určíme efektivnost činnosti objektu v jednom režimu, můžeme určit efektivnost jeho činnosti v normálním režimu. Jestliže využijeme všechny možné režimy proverek objektu a zákonitosti odpovídajících efektivností činností v různých režimech, můžeme vybrat optimální režim prověrky. [2]

Diagnóza technického stavu strojního prvku může být vzhledem k uvedenému členění poruch formulována více či méně vhodnými způsoby. [2]

Dvoustavová diagnóza bývá dosud nejběžnějším způsobem posouzení technického stavu objektu. Předpokládá se zde, že do určité úrovně diagnostických signálů je prvek v normálním stavu a po dosažení této určité úrovně signálů je vyslovena diagnóza porucha. Je to velmi jednoduchý způsob diagnózy, avšak do značné míry nedokonalý, zejména proto, že nerespektuje v praxi významný požadavek možnosti využít diagnózu k prognóze technického stavu, zejména u postupných poruch.

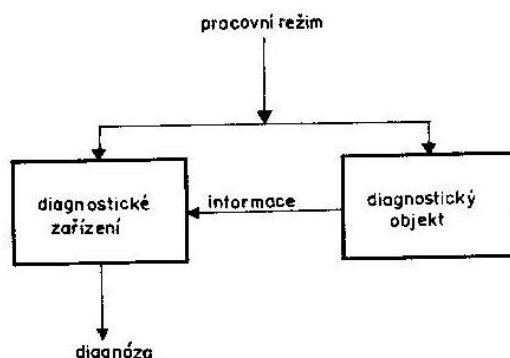
Více stavová diagnóza technického stavu objektu může být realizována několika způsoby. Zpravidla je diagnóza udávána ve formě naměřené úrovně diagnostických signálů, přičemž vždy určitému rozsahu naměřených hodnot je přiřazena kvantitativně vyjádřená charakteristika rozsahu poruchy. Je známo a běžně používáno více způsobů předběžného zpracování diagnostických signálů s cílem kvantitativního ohodnocení technického stavu objektu, např. v podobě počtu bodů anebo častěji v procentním vyjádření vzhledem k původnímu stavu, představovanému novým prvkem průměrné kvality. V této podobě již přechází více stavová diagnóza ve spojitou formu a může být vyjádřena spojitou funkční závislostí na diagnostických signálech. [2]

Proces vedoucí k detekci poruchy (získávání informace o tom, zda má objekt poruchu) a k lokalizaci poruchy (proces získání informace o tom, který subobjekt objektu s přístupnou vnitřní strukturou má poruchu) se nazývá diagnostický proces. [2]



Obr. 5 Stimulační (testovací) diagnostika

Diagnostický proces obecně představuje mnohonásobné přivádění určených podnětů - vstupních signálů a mnohonásobné měření a analýzu odezev - výstupních signálů objektu na tyto podněty. Podněty přicházejí na diagnostický objekt (objekt diagnózy) buď od diagnostických prostředků, nebo jsou to vnější signály (ve vztahu k diagnostickému systému) určené pracovním algoritmem činnosti diagnostického objektu. Měření a analýza odezev objektu se vždy provádí pomocí diagnostických prostředků. Z hlediska zavádění zvláštních - testovacích - signálů z diagnostických prostředků budeme rozlišovat diagnostické systémy testovací (obr. 5), jejichž zvláštností je, že mohou zavádět na



Obr. 6 Funkcionální diagnostika

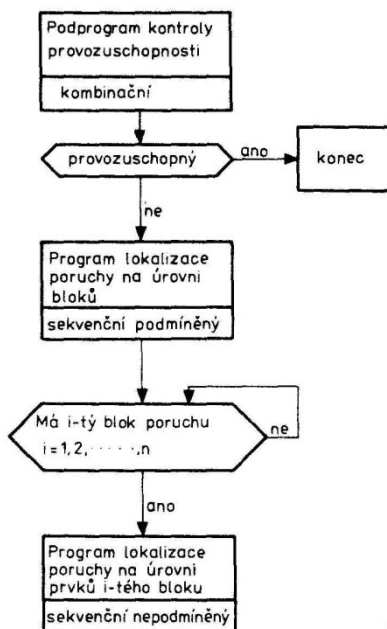
diagnostický objekt testovací signály vytvářené v diagnostickém prostředku. Diagnostické systémy funkční neposkytují speciální testovací signály z diagnostického prostředku, ale na tento prostředek přicházejí pouze signály vytvářené činností diagnostického objektu (obr. 6). [2]

Testovací diagnostické systémy obvykle zajišťují prověrky správnosti, prověrky provozuschopnosti a vyhledání poruch (všech nebo pouze těch, které narušují provozuschopnost) a pracují tehdy, pokud diagnostický objekt není v provozu. Použití testovacího diagnostického systému při provozu objektu je také možné, avšak v tomto případě testovací signály nesmí narušit normální činnost diagnostického objektu. [2]

Funkční diagnostické systémy se zpravidla využívají pro prověřování správné funkce a pro vyhledání poruch, které narušují normální funkci. Tyto systémy se používají zpravidla při činnosti objektu. V opačném případě je třeba imitovat provozní podmínky objektu, částečně je to imitace pracovních signálů. Proces diagnózy se může skládat z jednotlivých částí, každá z nich je

charakterizována přiváděným testovacím nebo pracovním signálem a snímanou odezvou objektu. Tyto části budeme nazývat elementární prověrky objektu. Výsledkem elementární prověrky je odezva objektu. [2]

Detekce a lokalizace mají následnou posloupnost (obr. 7).



Obr. 7 Detekce a lokalizace poruchy

Potom formální popis diagnózy, tj. algoritmus diagnózy technického stavu objektu, představuje bezpodmínečný nebo podmíněný sled prověrek a pravidel jejich analýzy. Diagnózu můžeme chápat jako specifický proces řízení, jehož cílem je určení technického stavu objektu. Tento výklad dobře souhlasí se současným chápáním řízení jako procesu určení vhodných řídicích signálů působících na řízený objekt a kromě toho jasně určuje předmět výzkumu a úlohy technické diagnostiky z pozice obecné teorie řízení a kontroly. [2]

Program výběru prověrek technického stavu bývá zpravidla dán:

- Množinou prověrek (většinou elementárních), přičemž jde o simultánní provádění určitého počtu prověrek nebo postupné provádění určité posloupnosti prověrek, jejichž pořadí nemá vliv na proces zpracování získaných informací - tzv. kombinační program. [2]

Poznámka: V případě kombinačního programu prověrek nemá případné pořadí jejich provádění žádný vliv na proces zpracování informace a i dílčí závěry jsou činěny až po skončení poslední prověrky;

Posloupností prověrek - jde o postupné provádění jednotlivých prověrek, při tom jejich sled je určen:

- Předem pevně stanoveným pořadím provádění prověrek - tzv. sekvenční nepodmíněný (pevný) program.
- Programem pro volbu pořadí prověrek, přičemž alespoň jednou je další sled provádění určen výsledky již provedených prověrek, je to vliv sekvenční podmíněný (pružný) program. [2]

2.2.3 Testování v reálném čase

Specifickou vlastností řízení v reálném čase je náhodný vstup signálů do řídicího systému. Tyto vstupní signály ale určují pořadí plnění jednotlivých funkčních programů, čímž vzniká nerovnoměrné zatížení procesoru. Existují tak na jedné straně časové intervaly, kdy v důsledku značného zatížení hlavního procesoru jsou z nedostatku strojového času realizovány pouze nejdůležitější funkční programy, na druhé straně ve většině času však není procesor úplně vytížen. Tím vzniká značná časová rezerva, které může být využito ke zvýšení kvality a spolehlivosti činnosti řídicího systému, ke kontrole technického stavu zařízení a k diagnostice poruch. [2]

Organizace testů, probíhajících v reálném čase souběžně s pracovními programy, má v porovnání s prováděním testů v profylaktickém režimu své zvláštnosti:

- Testy v reálném čase jsou zaměřeny na odhalování nejnebezpečnějších (havarijních) poruch systému. Tato skupina testů se provádí cyklicky v pracovním režimu řídicího systému automaticky s periodou určenou časovými možnostmi systému.
- Při návrhu testů a při testování je nutné respektovat možnosti operačního systému a charakteristiky procesoru řídicího počítače (ochrana paměti, možnosti a zvláštnosti práce v různých úrovních priority atp.).
- Nutnost změny souboru testů během činnosti systému.
- Náročné požadavky na délku testu a dobu jejich provádění.
- Možnost testování v reálném čase jak v základním režimu systému, tak i v režimech lokalizace poruchy (na příkaz programu kontroly) a profylaxe (na příkaz operátora systému). [2]

2.2.4 Diagnostické podmínky

Předpokladem aplikace diagnostických metod a prostředků je splnění diagnostických podmínek, které dělíme na:

- Obecné - platí pro všechny diagnostické objekty (DO) bez ohledu na typ činnosti,
- Zvláštní - platí pouze pro konkrétní typ DO a konkrétní typ činnosti.

Mezi obecné diagnostické podmínky řadíme:

1. Stav (provozuschopnost DO) je kontrolován pomocí diagnostického zařízení určitého typu a požadované přesnosti tak, abychom mohli diagnostickou informaci (výchozí diagnostickou informaci) považovat za hodnověrnou.
2. Diagnostické zařízení je bezporuchové během procedury diagnostiky.
3. Poruchou DO rozumíme takový jeho stav, kdy parametry signálu nejsou pravdivé (nevyhovují předepsaným hodnotám, technickým podmínkám atp.).
4. Hodnotící kritérium správnosti signálů odpovídá zákonu vyloučení třetího, tj. má pouze dvě pravdivostní hodnoty (výroky):
 - pravdivý (správný, bezporuchový, v tolerancích apod.),
 - nepravdivý (nesprávný, v poruše, mimo tolerance apod.).
5. V diagnostickém objektu není použito zálohování.
6. Procedura diagnostiky musí mít tyto základní vlastnosti:
 - Jednoznačnost - při opakování za stejných okolních podmínek a stejného původního stavu DO musí mít stejné výsledky, tj. výsledek procedury musí být dán pouze stavem DO a ne vlastnostmi kontrolní soustavy (zkušenosti, schopnosti, znalosti atp.).
 - Opakovatelnost (stabilitu), která musí umožňovat nesčíslněkrát opakovat proceduru diagnostiky, tj. procedura musí obsahovat jasně a přesně formulovaná pravidla prováděná v definované posloupnosti.
7. Vnější podmínky činnosti DO jsou konstantní a neměnné, to znamená, že jakákoliv změna diagnostických signálů DO je způsobena pouze změnou stavu DO.

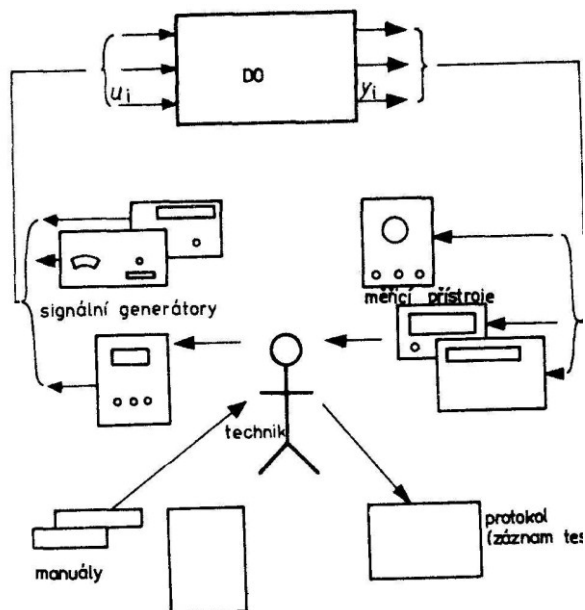
8. Nezbytné vstupní signály na nejvyšší diagnostické úrovni mají pravdivostní hodnotu pravdivost.
9. Diagnostický objekt neobsahuje zpětnovazební obvody. V opačném případě musí existovat možnost upravit měření diagnostických signálů. [2]

Mezi zvláštní diagnostické podmínky potom řadíme ty, které definují režim činnosti zařízení, určují nastavení regulačních prvků, zaručují ověření pravdivostních hodnot nezbytných vstupních signálu a podobně. [2]

2.2.5 Diagnostické prostředky

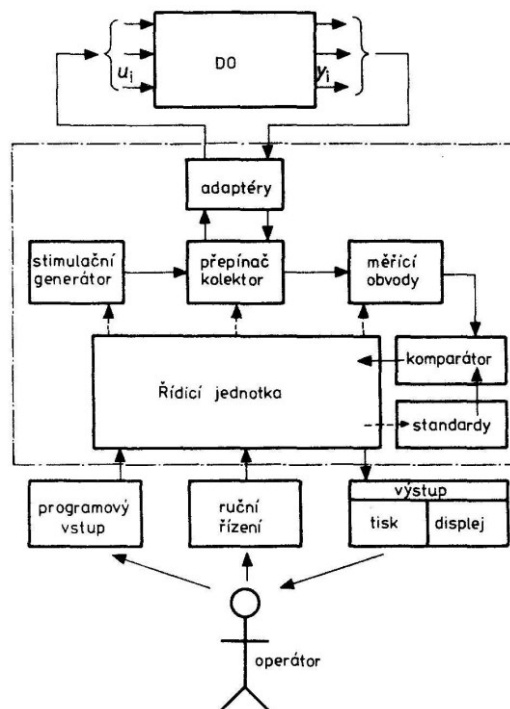
Praktická realizace diagnostických prověrek vyžaduje příslušné diagnostické prostředky, tj. na jedné straně technické vybavení - měřicí a diagnostická zařízení, na straně druhé vybavení programové - měřicí návody, předpisy testů, programy pro automatická diagnostická zařízení atp. Stupeň jak technického, tak programového vybavení přitom odpovídá typu diagnostiky - manuální (ruční) nebo automatické. [2]

Principiální schéma manuální diagnostiky je znázorněno na obr. 8. Diagnostický objekt je zde představován blokem se vstupy u_i a výstupy y_j , které po změření splývají s množinou diagnostických signálů s_k . Diagnostickou prověrku provádí technik, který v případě parametrické diagnostiky pomocí měřicích přístrojů měří a vyhodnocuje úrovně signálů a porovnává je s normativními a limitními hodnotami. Měření a vyhodnocování vykonává podle předpisu uvedeného v příručce pro provoz (manuálu), výsledky prověrky zachycuje písemně ve formě protokolu. V případě stimulační (testovací) diagnostiky technik navíc na vstupy diagnostického objektu přivádí stimulační signály z nejrůznějších typů signálních generátorů (univerzálních i speciálních). Opět i zde se řídí předpisy pro kontrolu a diagnostiku a výsledky jsou protokolovány. Z popisu diagnostického procesu je patrné členění prostředků. Technické jsou představovány měřicími přístroji a signálními generátory, programové tvoří předpisy pro provoz a technické popisy, popřípadě rozhodovací činnost technika. [2]



Obr. 8 Schéma manuální diagnostiky

Schéma automatického diagnostického systému na obr. 9 představuje vyšší stupeň diagnostického procesu (a prostředků) v tom, že větší (až celou) část činnosti technika při testování nahrazuje činnosti automatu (řídící jednotky). [2]

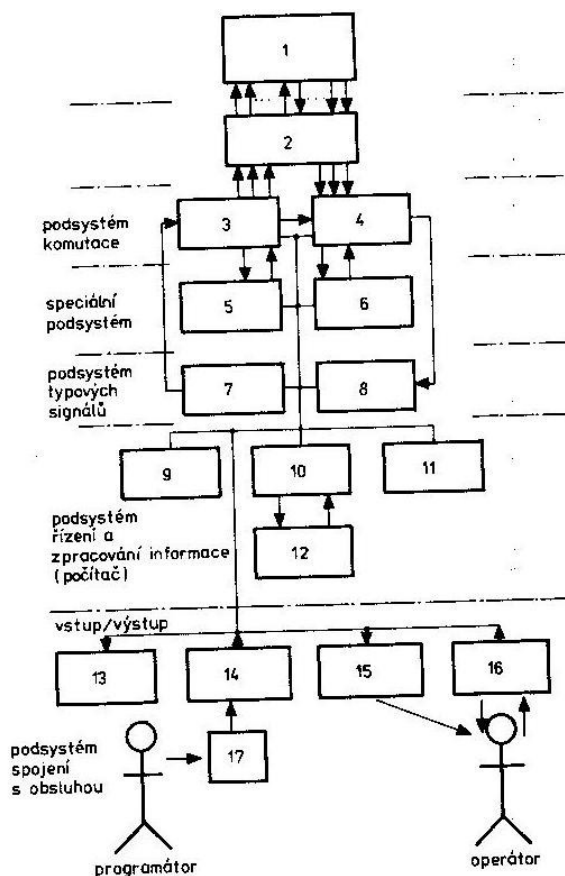


Obr. 9 Schéma automatického diagnostického systému

Technik (operátor) řídící jednotce automatického diagnostického zařízení pouze zadává program buď automatickým programovým vstupem, např. pomocí děrné nebo magnetické pásky, nebo ručně, např. pomocí tlačítkových vstupů, převážně jen při zadávání dílčích instrukcí. Proces spínání stimulačních generátorů a připojování měřících obvodů je přes blok přepínače a adaptéru signálů řízen

automaticky. Výsledky diagnostické prověrky (porovnáním údajů měření se standardními nebo limitními hodnotami) se zobrazují a tisknou na výstupních zařízeních. [2]

Obrázek 10 ukazuje strukturu počítačového diagnostického systému. Proti předchozímu případu automatického diagnostického zařízení, které zahrnuje kromě řídicí (speciální automat) a vyhodnocovací jednotky i obvody přepínání, adaptéry a stimulační generátory (někdy se započítávají i



Obr. 10 Struktura počítačového diagnostického systému

(1 – diagnostický objekt, 2 – spojovací kanály, 3 – komutace stimulačních signálů, 4 – selektor diagnostických signálů, 5 – stimulační generátory, 6 – obecné převodníky, 7 – generátory typových signálů, 8 – převodníky unifikovaných signálů, 9 – synchronizace, 10 – řízení vnitřní komunikace, 11 – vnitřní paměť, 12 – centrální procesor, 13 – vnější paměť (post mortem), 14 – vstup programu, 15 – tisk, 16 – pult operátora, 17 - program)

jednotky vstupu a výstupu), je u počítačového systému zřetelně odlišen centrální člen - počítač, který tvoří podsystem řízení a zpracování informací. Ostatní činnosti jsou zajišťovány dalšími zařízeními, která vytvářejí oddělené podsystemy. Na straně vstup/výstup se zřetelněji rozčleňuje činnost obsluhy - programátora, který vytváří programové vybavení (ve fázi přípravy), a operátora, který se systémem komunikuje v uživatelské fázi.“ [2]

2.2.6 Funkční vazby diagnostiky

„Funkční vazby při diagnostice uvádí přehledně obr. 2. Výsledkem zjišťování současného technického stavu objektu (diagnostikované soustavy) je provozuschopnost (bezporuchový stav) nebo neprovozuschopnost (poruchový stav). Přítomnost poruchy vyvolá poruchovou signalizaci a následnou činnost diagnostického systému směřující k určení místa a druhu poruchy. Bližší určení poruchy slouží jako informace pro údržbu k žádosti o opravu a jako údaj pro evidenci a statistiku poruch. Z evidence analýzou mohou být zjišťovány příčiny poruch vedoucí k návrhům na úpravu konstrukce objektu (pro technický rozvoj), na změnu provozních podmínek a změnu výroby (údaje pro operativní řízení provozu). Diagnostický systém kromě vlastní diagnostiky v reálném čase může na základě sledování trendu změn provádět i predikci, tj. předvídání budoucího stavu objektu. Úloha diagnostické geneze je obsažena v analýze záznamu post mortem k lokalizaci poruchy. [2]

Popsaná obecná množina možných funkcí DS představuje výhled postupně vyvíjeného systému. V řadě případů se však úloha DS omezuje pouze na poruchovou signalizaci.

Z praktického hlediska proto rozeznáváme diagnostiku:

- Provozní, která zajišťuje hodnocení okamžitého stavu objektu.
- Opravářskou, sloužící ke specifikaci poruchy (tj. místa a druhu poruchy).
- Servisní, určující podmínky nutné údržby. [2]

Podle časového hlediska zařazení diagnostiky mluvíme o diagnostice periodické a průběžné (tab. 1).

Tabulka 1. Formy diagnostiky

Forma	periodická	nepřetržitá
Časové zařazení	interval	nepřetržitě
Režim	podle plánu (režimu) diagnostický prvek	během pracovní činnosti objektu
Cena	nižší	Vyšší
Stimuly (podmínky)	speciální (testy)	přirozené (okolí)
Mechanismus	porovnávání s předepsanou mezí	kontrolou hodnot (tolerance < >, atp.)
Použití pro	nižší nároky na spolehlivost	vysoce bezpečné systémy

Pro efektivní návrh a činnost diagnostického systému je výhodné, je-li jeho projekt součástí projektu řídicího systému. Možnost řešení úloh diagnostiky již při návrhu je dosud nedoceněna, a to v podstatě ze dvou důvodů;

- Nejsou dostatečně obecně rozpracovány metody technické diagnostiky pro použití v etapě projektu.
- Projektanti považují za hlavní a často jediný cíl vlastní návrh objektu a za druhořadou záležitost organizaci uvádění objektu do provozu a organizaci jeho obnovy (profylaxe a opravy). [2]

Možnost vytvářet diagnostický systém již ve fázi projektu diagnostického objektu otevírá cestu k dosažení kvalitnější realizace diagnostického systému. [2]

Návrhy na zajištění diagnostikovatelnosti musí být zpracovány již ve stadiu technického projektu ve formě konstrukční dokumentace, která je doplňkem technického rozboru na vývoj výrobku, jehož kontrola má být zajištěna pomocí vnějšího diagnostického prostředku. V návrzích musí být uvedeny druhy, úrovně a rozsahy stimulujících a kontrolovaných signálů a posouzeny možnosti zajištění kontrolovatelnosti. [2]

Cílem aplikace těchto požadavků je vytváření předpokladů pro zavedení nových metod údržby u nově vyvíjených výrobků. Takto zpracovaný materiál je jak součástí dokumentace vlastního zařízení, tak i podkladem pro vývoj diagnostického zařízení. Praktické používání takto zpracovaných materiálů mimo to sleduje vytvoření pracovních vztahů mezi zákazníkem, konstruktérem výrobku a řešitelem diagnostického zařízení.“ [2]

„V průběhu vývoje a výroby a provozního využití jsou charakteristiky kontrolovatelnosti rozpracovány a v konečné fázi jsou základním podkladem pro zpracování předpisu pro provoz a údržbu diagnostikovaného zařízení, ale i celého diagnostického systému. Při projektování a řešení kontroly a diagnostiky kteréhokoliv objektu se tedy zabýváme těmito základními otázkami:

- Co se bude kontrolovat? - objekt kontroly, jeho spolehlivost, vhodnost pro kontrolu.
- Jak bude kontrola realizována? - metody kontroly a předvídání technického stavu.
- Jaké jsou prostředky kontroly? - organizace a schéma kontrolních zařízení, optimalizace těchto zařízení.

Volba určitého typu diagnostického zařízení závisí především na:

- Složitosti kontrolovaného zařízení - diagnostického objektu.
- Přípustné ztrátě času na prověrku.
- Hloubce prověrky, množství parametrů.
- Objektivnosti prověrky, závisí na přístrojové a metodické věrohodnosti výsledků měření. [2]

3 JISTIČE PRO STŘEDNÍ A VELKÉ PROUDY

„Jističe nn jsou samočinné spínací přístroje s velkým vypínacím proudem, jejichž hlavní funkcí je jištění proti zkratu. Skládají se, stejně jako jiné spínací přístroje nn, z kontaktní soustavy, zhášecích komor a poháněcího mechanismu, který též napíná vypínací pružiny. Navíc mají ještě zámek pro zabezpečení zapnuté polohy proti tahu vypínacích pružin a spouště, popřípadě relé pro vybavení vypínací funkce. [3]

Jističe jsou v zapnutém stavu vždy připraveny vypnout při poruše, jak při ručním, tak automatickém ovládní. Mechanismus je u větších jističů spojen s kontakty přes tzv. volnoběžku dovolující pohyb kontaktu do vypnuté polohy nezávisle na poloze poháněcího mechanismu. Spouště a relé tvoří další důležitou část jističů reagující na velikost proudu a napětí obvodu. Jsou nadproudové, zkratové a tepelné, podpět'ové, popřípadě speciální. [3]

Podle velikosti jmenovitého proudu lze rozdělit jističe na drobné (pro domovní instalace), popřípadě malé jističe do 100A. Oba druhy se používají k jištění vedení nebo motoru. Pro oblast proudů 100 až 630A se vyrábějí střední jističe a pro proudy nad 1000A velké jističe.“ [3]

Silnoproudé obvody ovládáme a současně zajišťujeme před nežádoucími účinky nadproudu nebo podpětí samočinnými vypínači neboli jističi. Samočinný vypínač slučuje do jednoho celku funkci vypínače a funkci pojistky. Obvykle jde o přístroj s velkým jmenovitým vypínacím proudem (20 až 100 násobku proudu jmenovitého), u něhož se při zapínání napne vypínací pružina, která pak stále tlačí pohyblivé kontakty do vypnuté polohy. Je proto nutné kontakty v zapnuté poloze zajistit vhodným zámkem. Nastane-li v zařízení porucha, při níž má jistič obvod vypnout, uvolní se působením spouště zámek a vypínač působením vypínací pružiny okamžitě vypne. [3]

Vypínače velkých výkonu a především vypínače všech vysokých napětí jsou téměř bez výjimky jističi. Název jistič se však začal používat jako pojmenování užšího významu jen pro takto provedené vypínače nízkého napětí, ať už jde o vypínače s magnetickým zhášením oblouku (vzduchové jističe nn), nebo s volným zhášením oblouku v oleji (olejové jističe nn). Aby nedocházelo k záměně pojmu, nazýváme vypínače vn, vvn a zvn vypínače samočinné. Aby vypínač mohl působit jako jistič, musí mít kromě kontaktní soustavy s příslušným ovládním ještě zámek a spoušť. [3]

Zámek vypínače je mechanismus, který drží kontaktní ústrojí samočinného vypínače v zapnuté poloze proti síle vypínacích pružin. Zámek se vybavuje buď ručně tlačítkem, nebo dálkově elektromagnetickou spouští. Aby spoušť nemusela být neúměrně velká, musí být síla, potřebná k vybavení zámku, malá. Zámky jsou jednoduché a složené. Principem jednoduchého zámku je buď západka, nebo prolomené páky. Zámekům složeným, vytvořeným spojením několika zámků jednoduchých, říkáme volnoběžky. [3]

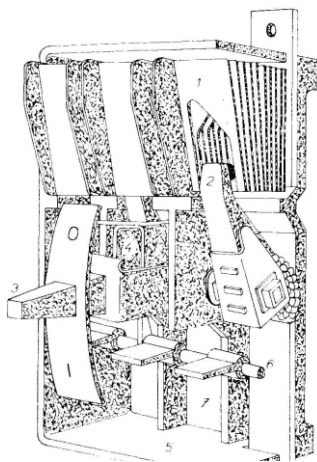
Spoušť je zařízení skládající se z proudové dráhy (vinutí) a z mechanismu. Mechanismus spouště se uvádí v činnost elektromagnetickým nebo tepelným působením proudu a vybavuje zámek

nebo volnoběžku jističe, převýší-li proud obvodu určitý násobek jmenovitého proudu, popř. klesne-li napětí obvodu pod určitou hodnotu. [3]

Vzduchové jističe nn se staví na proudy od jednotek ampéru do proudu několika tisíců ampérů. Jističe do jmenovitého proudu 63 A považujeme za jističe malé. Jističe pro proudy 100 až 630 A považujeme za přístroje střední velikosti. Třetí skupinou jsou velké jističe pro proudy 1 000 A a větší. Počet vyráběných kusů se s rostoucím jmenovitým proudem zmenšuje. Nejvíce se vyrábí malé jističe, které se používají k jištění bytových rozvodů, světelných obvodů, menších motorů a jiných spotřebičů. Tyto obvody jistí jak proti nadproudu, tak proti zkratu, podobně jako pojistky. V porovnání s pojistkami mají především výhodu opakované funkce bez jakékoli výměny. [3]

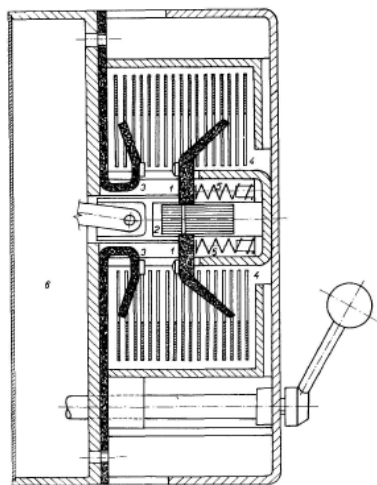
Kontakty středních a velkých jističů jsou zpravidla palcové s celním stykem. Kontaktním materiálem je buď měď (kontakt má pak smykový dosed), nebo stříbro ztužené odolnou složkou. Větší přístroje mívají dvojdílnou kontaktní soustavu, hlavní a opalovací. Hlavní kontakty, převážně ze stříbra, jsou dimenzovány na trvalý přenos jmenovitého proudu a krátkodobé zatížení zkratovým proudem. Opalovací kontakty musí odolávat účinkům oblouku při provozním i zkratovém vypínání i zapínání. Při zapínání do zkratu nesmí dojít k jejich svaření. Kontakty jsou upraveny tak, aby byly snadno výměnné. Vyrábějí se z materiálu spékanych na bázi mědi či stříbra. Jsou teplotně ztuženy odolnými složkami. [3]

V poslední době se stále častěji vyrábějí i jističe střední velikosti jako vypínače omezovací. Tento způsob vypínání nejen dokonaleji jistí vedení proti účinkům velkých nadproudů, ale představuje stejně jako u malých jističů hospodárné řešení z hlediska rozměru i spotřeby materiálu. Příklad trojpólového středního jističe (MCCB) klasického provedení s jednoduchou kontaktní soustavou je schematicky znázorněn perspektivním pohledem na obr. 11a, zhasací komora 1 má prostřídané výřezy ocelového roštu, do kterých zasahuje měděný pákový pohyblivý kontakt 2 s napájenou kontaktní destičkou a vybíhající v krátký opalovací růžek. Ruční páka 3 ovládá vypínací pružinu blokovanou v zapnuté poloze volnoběžkou 4. Spouště (nekreslené) jsou umístěny v prostoru 5 a působí na vybavovací hřídel 6 průběžný přes všechny tři póly. Nos 7 hřídele vybavuje zakloubení pák volnoběžky. Na obr. 12 je uspořádání jističe střední velikosti v omezovacím provedení. Tímto přístrojem lze kromě běžného vypínání pružinou (po vybavení volnoběžky spouští) přímo oddálit kontaktní můstek 1 působením s ním spojené kotvy elektromagnetu 2 buzeného proudem jističe. Přestoupí-li proud určitou velikost (zpravidla kolem 15násobku jmenovitého proudu), kotva a s ní spojený kontaktní můstek se během doby kratší než 1 ms oddálí od pevných kontaktů 3 o několik milimetrů. Oba oblouky, které při oddálení můstku zapálí, vniknou okamžitě působením magnetického pole proudové cívky do zhasacích komor 4, kde se rozčlení na několik obloučků v sérii. Jejich prudce narůstající odpor omezí zkratový proud a vyvolá jeho zánik. Aby kontaktní pružiny 5 nezpůsobily po rychlém zániku proudu vrácení můstku 1 do zapnuté polohy, musí dojít k současnému vybavení volnoběžky, umístěné spolu s nadproudovými a zkratovými spouštěmi v prostoru 6, a tím k uvedení v činnost vypínací pružiny, která můstek zachytí a dokončí vypínací pohyb. [3]

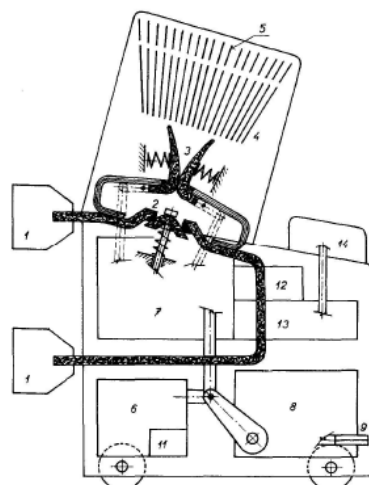


Obr. 11a) Trojpólový jistič (MCCB) Obr. 11b) Kompaktní jistič MODEION BH 630 (MCCB)

Na obr. 11b je zobrazen trojpólový jistič (MCCB) v moderním provedení od společnosti OEZ s.r.o.. Protože s rostoucí velikostí jmenovitého proudu se počet potřebných kusů zmenšuje, vyrábějí se již poměrně malá množství velkých jističů (ACB) na jmenovité proudy 1 000 A a větší. Jejich vypínací proud dosahuje u některých provedení až (v obvodech nn) krajní možné velikosti 100 kA. Vzhledem k rozměrům a hmotnosti se velké jističe stavějí zpravidla v podvozkovém rámu s násuvnými připojovacími kontakty, tj. jako snadno výměnný článek skříňového rozvaděče. Jinak se provedením od jističů střední velikosti příliš neliší. V rámu nesoucím hlavní a opalovací kontaktní soustavy všech tří fází se zhášecími komorami s ocelovým roštem jsou zase vestaveny: volnoběžka a vypínací pružiny, nadproudové spouště napájené přes proudové transformátory, zkratové spouště a téměř vždy strojní pohon, nejčastěji motorový střadačový. Případná ruční ovládací páka je vázána se strojním pohonem tak, aby při ruční manipulaci bylo dálkově ovládané strojní zapínání blokováno. Příklad funkčního uspořádání takového velkého jističe je na obr. 13. [3]



Obr. 12 Střední jistič nn (starší typ)



Obr. 13 Velký jistič nn (ACB)

Proudová dráha umístěná v horní části skříňového rámu je zakončená na vývodních koncích svislými připojovacími praporce 1. Hlavní kontakty 2 jsou můstkové. Opalovací kontakty 3 jsou připojeny paralelně k hlavním kontaktům ohebnými měděnými pásky tak, že vytvářejí proudovou smyčku, jejíž magnetické pole vhání oblouk do zhášecí komory. Zhášecí komora s ocelovým roštem 4 je v horní části vybavena chladičem 5 horkých obloukových plynu. Zapínání i vypínání je mžikové. Zapínání koná pružinový střádač 6 prostřednictvím pákového převodu a volnoběžky 7. Pružinový střádač se napíná elektromotorkem přes převodovou skříň 8 automaticky bezprostředně po každém vypnutí jističe během asi 15 sekund. Z převodové skříně je proti otvoru v celní stěně vyvedena hřídel 9 pro nasazení kliky nouzového ručního pohonu. [3]

Zapnutí jističe (uvolnění střádače) se koná buď mechanicky tlačítkem (zelené barvy) umístěným na panelu 10 celní stěny jističe, nebo dálkově zapínacím elektromagnetem 11, připevněným na střádači. Vypnutí, tj. vybavení vypínacích pružin všech tří fází, lze opět konat buď vypínacím (červeným) tlačítkem na panelu 10, nebo dálkově pomocí elektromagnetické spouště 12. Nadproudové jištění je samostatné pro každý pól. Zkratové spouště 13 působí mechanicky přímo na zámek volnoběžky 7. Před zhášecími komorami jističe jsou pod krytem umístěny pomocné kontakty 14, které nuceně kopírují polohu hlavních kontaktů, tj. jejich zapnutý či vypnutý stav. [3]

Jističe na stejnosměrný proud se na tak velké proudy jako jističe střídavé nestaví. Samostatné konstrukce se realizují nejčastěji jako dvoupólové, s jedním přerušením v každé větvi vedení. Pro vypínání stejnosměrného proudu se hodí i trojpólové vypínače střídavé, pokud mají dostatečně dimenzovanou zhášecí komoru a účinnou vyfukovací soustavu. Pokud tomu tak není, je nutné jistič doplnit, popř. kovovou roštovou komoru nahradit vhodnou izolační komorou. Všechny tři póly se zapojují do série. Špičkových vypínacích výkonů se při stejnosměrném proudu dosahuje rychlovypínači, které se stavějí jako jednopólové jednotky. [3]

3.1 Jistič BD 250NE305

Tento jistič je zástupcem řady kompaktních jističů Modeion od společnosti OEZ s.r.o., která pokrývá proudové hodnoty od 16 do 1600A. Tato škála je pokryta typovými velikostmi BC 160, BD 250, BH 630, BL 1000 a BL 1600. V této kapitole se budu zabývat pouze vlastním popisem jednotlivých částí jističe BD 250NE305, jeho parametry budou popsány v kapitole zabývající se vlastním měřením na tomto jističi.



Obr. 14 Jistič BD 250NE305

Popis jednotlivých částí jističe BD 250N305:

Spínací blok



Obr. 15 Spínací blok

Spínací bloky jsou vyráběny ve 3-polovém a 4-polovém provedení. A to ve dvou řadách NORMAL a SUPERIOR, tyto dvě řady se liší vypínací schopností I_{cs} a I_{cu} . Doba vypnutí je u obou řad 10 ms při I_{cu} . Tyto bloky lze doplnit širokým spektrem příslušenství. Pro tyto spínací bloky jsou určeny pouze elektronické nadproudové spouště, tyto bloky nelze doplnit analogovými nebo tepelnými

spouštěmi, se kterými tvoří spínací blok funkční celek. Nadproudovou spoušť lze nahradit odpínačovou spouští a spínací blok lze využít jako odpínač a to se vším ostatním příslušenstvím.

Hlavní části spínacího bloku:

Krytování – tvořené základnou, velkým krytem s dutinami pro příslušenství a krytem dutin

Spínací systém – mechanismus umožňující zapnutí, vypnutí, natažení a vybavení spínacího bloku. Součástí je hřídel s nosiči pohyblivých kontaktů a částí proudovodné dráhy.

Transformátory – jedná se o měřicí transformátory proudu. Tyto transformátory jsou současně zdrojem energie pro elektronickou spoušť a v první řadě jsou určeny pro měření procházejícího proudu.

Pevné pasy (vnitřní svorkování) – pevné pasy pevně umístěny ve spínacím bloku, slouží pro přímé připojení pásů, kabelových ok a ostatního příslušenství pro připojování.

Elektronická nadproudová spoušť



Obr. 16 Nadproudová elektronická spoušť

Elektronické spouště jsou tvořeny jako samostatně záměnné bloky. Zákazník si tedy může v průběhu používání dokoupit a samostatně vyměnit elektronickou spoušť za jiný typ s jinou vypínací charakteristikou.

Základním rozdělením spouští je jejich použití a to v těchto aplikacích:

- Vedení (jištění vedení).
- Distribuční (jištění vedení a transformátorů).
- Motory (přímé jištění motorů a generátorů, možnost jištění vedení a transformátorů).
- Motory, nastavení časové selektivity (přímé jištění motorů a generátorů, možnost jištění vedení a transformátorů, umožňuje nastavit zpoždění nezávislé spouště)
- Distribuční s jištěním N pólu (jištění vedení a transformátoru v sítích TN-C-S a TN-S).

Jističe a odpínače BD 250NE305 lze doplnit následujícím příslušenstvím:

Ruční pohon



Obr. 17 Ruční pohon

Umožňuje ovládat jistič pomocí páky rotačním pohybem. Tento ruční pohon je řešen modulárně a umísťuje se na místo krytu dutin. Tento pohon lze na jističi zaplombovat. Dále lze ruční pohon doplnit prodlužovací hřídelí a ložiskem s montáží na dveře rozvaděče, tím lze jistič ovládat v zavřeném rozvaděči. Pomocí páky ručního pohonu lze jistič zamknout ve vypnuté poloze jističe. Ruční pohony lze doplnit dalším příslušenstvím a to vzájemným mechanickým blokováním a paralelním spínáním.

Mechanické blokování dvou jističů zabezpečuje nemožnost sepnutí obou jističů současně, oba jističe však mohou být současně ve vypnuté poloze.

Mechanické paralelní spínání umožňuje současné zapínání a vypínání dvou jističů.

Motorový pohon



Obr. 18 Motorový pohon

Motorový pohon je příslušenství jističe/odpínače, pomocí kterého je možné jistič dálkově zapínat i vypínat. Modulární koncepce pohonů umožňuje jednoduchou montáž na jističi (dodatečně) po sejmutí krytu dutin jističe. Upevnění pohonu je možné zaplombovat. Jističe Modeion s motorovým pohonem se mohou používat v těch nejnáročnějších aplikacích v průmyslu, jako např. pro jištění

záskokových zdrojů, fázování dvou zdrojů atd. a všude tam, kde je potřeba zajistit automatizovaný bezobslužný provoz elektrických zařízení.

Protože jsou motorové pohony vybaveny pružinovým střadačem, ve kterém je nahromaděna energie potřebná pro zapnutí, není problém zapínat jističe v časech do 50 ms. Uvolnění střadače a zapnutí jističe zajišťuje zapínací cívka, která je standardní výbavou každého motorového pohonu. Doba do vypnutí jističe motorovým pohonem je 800 ms. Tento způsob vypínání je vhodný pro ovládání technologických celků. V případě požadavku rychlejšího vypínání jističe (např. Bezpečnostní STOP tlačítko) je možné použít motorový pohon v kombinaci s podpěťovou nebo napěťovou (vypínací) spouští.

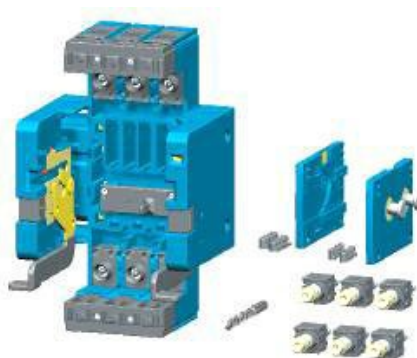
Odnímatelné zařízení



Obr. 19 Odnímatelné zařízení

Odnímatelné provedení jističe/odpínače je určeno do náročných průmyslových provozů, kde je potřeba rychlá výměna jističe a viditelné, galvanické rozpojení obvodu.

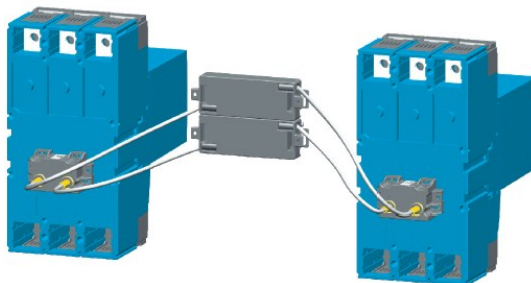
Výsuvné zařízení



Obr. 20 Výsuvné zařízení

Výsuvné provedení jističe/odpínače je určeno do náročných průmyslových provozů, kde je potřeba rychlá výměna jističe, časté revize a viditelné, galvanické rozpojení obvodu.

Mechanické blokování (zadní)



Obr. 21 Mechanické blokování

Umožňuje vzájemné mechanické blokování dvou jističů/odpínačů tak, aby nemohly být sepnuty oba současně, ale vždy jen jeden. Oba jističe mohou být současně vypnuty. Jističe mohou být v pevném, odnímatelném i výsuvném provedení.

Doporučená manipulace s jističem:

Při manipulaci s jističem s mechanickým blokováním a motorovým pohonem se jistič může dostat do stavu, ve kterém je první pokus o zapnutí motorovým pohonem neúspěšný. Zapnutí se provede až při opakovaném zapínacím impulsu. Aby k tomuto jevu nedocházelo, je možné provést některé z následujících opatření:

- 1) Dodržet postup manipulace s jističem viz. „Doporučený postup manipulace.“
- 2) Do obvodu motorového pohonu zapojit pomocné relé podle schématu zapojení.
- 3) Do obvodu motorového pohonu zapojit řídicí relé podle potřebného schématu zapojení.

Doporučený postup manipulace:

- 1) K vypnutí jističe se musí použít napět'ová (podpět'ová) spoušť. Vypnutí jističe nelze provádět motorovým pohonem.
- 2) Jistič lze nastřádat a zapnout jen tehdy pokud je druhý jistič ve vypnutém stavu. Ukazatel stavu jističe na motorovém pohonu je v poloze „O“. Mezi nastřádáním a zapnutím jističe je nutno dodržet časový interval min. 100 ms. Spínač „S“ musí být rozpojen.
- 3) Při nedodržení těchto zásad je první zapnutí jističe motorovým pohonem neúspěšné.

Připojovací sady



Obr. 22 Připojovací sada

K jističi lze připojit široké spektrum připojovacích sad a to včetně speciálních retrofitů pro připojení na místa kde byly použity starší typy jističů bez dodatečné úpravy místa a připojovaných pasů v rozvaděči.

Součástí připojovacích sad jsou svorky pro připojení kabelů. Svorky jsou třmenové, jednoduché blokové, dvojité blokové, svorky pro připojení zadního přívodu a blokové svorky pro připojení šesti kabelů.

Spínače



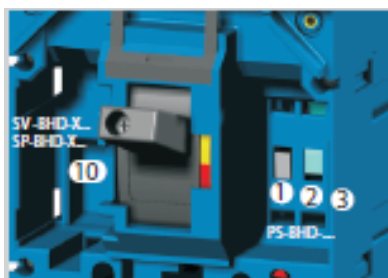
Obr. 23 Spínač

Do dutin ve velkém krytu jističe lze umístit pomocné spínače. Pro BD 250NE305 existují tyto pomocné spínače:

- Jednoduchý rozpínací.
- Jednoduchý spínací.
- Dvojité.
- Přepínací.
- Předstihový.

Funkce a název spínačů podle umístění v dutinách spínací bloku BD 250NE305:

- *Dutina 1* – návěstí – signalizuje vypnutí jističe nadproudovou spouští.
- *Dutina 2* – relativní – signalizuje vypnutí jističe/odpínače spouštěmi, TEST tlačítkem nebo vypínacím tlačítkem na motorovém pohonu.
- *Dutina 3* – pomocný – signalizuje polohu hlavních kontaktů jističe/odpínače.
- *Dutina 10* – předstihový – spíná/rozpíná s předstihem před sepnutím hlavních kontaktů jističe/odpínače.



Obr. 24 Dutiny ve spínacím bloku

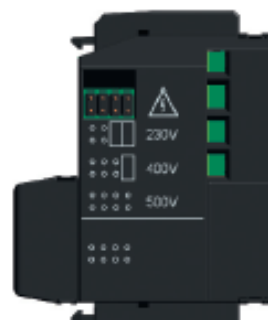
Spouště

Spouště dělíme na podpěťové a napěťové. Konkrétní jmenovité pracovní napětí spouští se nastavuje pomocí propojek přímo na spoušti. Od výrobce je nastaveno vždy na nejvyšší hodnotu.

U podpěťové spouště je možné její vypnutí oddálit pomocí bloku zpoždění.



Obr. 25 Podpěťová či napěťová spoušť



Obr. 26 Nastavení jmenovitého pracovního napětí

[4]

4 MĚŘENÍ

Vlastní měření probíhalo na zkušebně ve společnosti OEZ s.r.o. ve dnech 8.8. – 24.8.2011 na jističi řady Modeion a typu BD 250NE305 NORMAL. Žádné z provedených měření neodpovídalo přímo požadavkům nebo postupům dané normou ČSN EN 60 947 - 2, avšak z této normy vycházela. Odlišnosti měření byly způsobeny časovými a prostorovými možnostmi, tak i tím, že byla snaha minimalizovat případnou možnou nefunkčnost jističe vlivem špatně zařazených či nevhodně zvolených měření, která by způsobila nedokončení plánovaného měření.



Obr. 27 Měřený jistič BD 250

Na jističi byla provedena následující měření a zkoušky:

- Měření oteplení a rozvržení teplot na svorkách nového jističe
- Měření úbytků napětí a výpočet elektrických ztrát na svorkách nového jističe, jističe po zkratové zkoušce a po polovině mechanické trvanlivosti za studena a v ustáleném stavu.
- Měření vlastních časů nového jističe, jističe po zkratové zkoušce a po polovině mechanické trvanlivosti.
- Měření dynamiky spínacího systému na novém jističi, jističi po zkratové zkoušce a po celkové mechanické trvanlivosti.
- Pro simulaci opotřebení jističe bylo provedeno jeho zkratování při parametrech 485 V / 10 kA, (3x 3-fázové souměrné zkraty) po polovině mechanické trvanlivosti.
- Celková mechanická trvanlivost, která probíhala průběžně mezi ostatními měřeními.

4.1 Parametry jističe

Rozměry A x B x C + D (3P/4P provedení):	105/140 x 225 x 105 + 43 mm
Hmotnost (3P/4P provedení):	3 kg/4 kg
Normy:	ČSN EN 60 947-2, EN 60 947-2, IEC 947-2

Certifikační značky:



Počet pólů:	3, 4
Jmenovitý proud I_n :	100, 160, 200, 250 A
Jmenovitý trvalý proud I_u :	250 A
Jmenovitý pracovní proud I_c :	250 A
Jmenovité pracovní napětí U_e :	max. 690 V a.c., max. 440 V d.c.
Jmenovitý kmitočet f_n :	50/60 Hz
Jmenovité impulzní výdržné napětí U_{imp} :	8 kV
Jmenovité izolační napětí U_i :	690 V
Kategorie užití (selektivita):	690 V a.c.
Kategorie užití (režim spínání):	690 V a.c., 440 V d.c.

Jmenovitý krátkodobý výdržný proud při $U_e = 690$ V a.c:	I_{cw} / t	2,5 kA/1
---	--------------	----------

Řada:		NORMAL	SUPERIOR	
		BD250N	BD250S	U_e
Jmenovitá mezní zkratová vypínací schopnost:	I_{cu}	60 kA	100 kA	230 V a.c.
		36 kA	65 kA	415 V a.c.
		16 kA	25 kA	500 V a.c.
		10 kA	13 kA	690 V a.c.
Jmenovitá provozní zkratová vypínací schopnost:	I_{cs}	30 kA	50 kA	230 V a.c.
		18 kA	36 kA	415 V a.c.
		8 kA	13 kA	500 V a.c.
		5 kA	8 kA	690 V a.c.
Jmenovitá zkratová zapínací schopnost:	I_{cm} / U_e	75 kA	140 kA	415 V a.c.

Doba vypnutí při I_{cu} :	10 ms
Ztráty na 1 pól pevné/výsuvné provedení:	18 W/25 W
Mechanická trvanlivost:	30 000 cyklů
Elektrická trvanlivost:	3 000 cyklů
Hustota spínání:	120 cyklů/hod
Ovládací síla:	80 N
Krytí z čelní strany přístroje:	IP40
Krytí svorek:	IP20

[4]

4.2 Použité přístroje

Proudový zdroj OEZ 2 V / 10 kA	v.č. 1JJ000056C80 – 2
Klešťový ampérmetr PROVA	v.č. 01240499
Stůl mechanického měření OEZ	v.č. 1324
Měřicí ústředna ALMENO 5690-2	v.č. A10050083
Tepelná komora GEOTEK RP – AKBC – MAE	v.č. 3256987
Multimetr FLUKE 289	v.č. 99240012
Mikroohmmetr KTL 26202	v.č. 495
Vysokonapěťový zdroj 2-6 kV HT5063	v.č. 50305
Jistič OEZ - BD250 - NE305 NORMAL	v.č. 220028
Elektronická spoušť OEZ – SE BD – 250 – MTV8	v.č. 24110
Napěťová ochrana OEZ – SV – BHD – X230	v.č. 24620
Střadačový motorový pohon MP – BD – X230 – P 230 AC	v.č. 01214 - 0710
JUS mechanické životnosti OEZ	v.č. 1270
Osciloskop TEKTRONIX 2024	v.č. C022686
Napěťový zdroj STATRON	v.č. 1107011
Napěťový zdroj STATRON	v.č. 1103026
Napěťový zdroj STATRON	v.č. 1012004
Elektrický rozvaděč Distribox OEZ	v.č. 40531

4.3 Oteplení

Oteplení nového jističe probíhalo v uzavřené tepelné komoře při referenční teplotě okolí 40°C a relativní vlhkosti 90 – 95 %. Jistič byl umístěn do rozvaděče a přidělán na stojan. Na svorkách jističe byly umístěny měřicí čidla určená pro měření teploty a ty napojena na měřicí ústřednu.



a)



b)

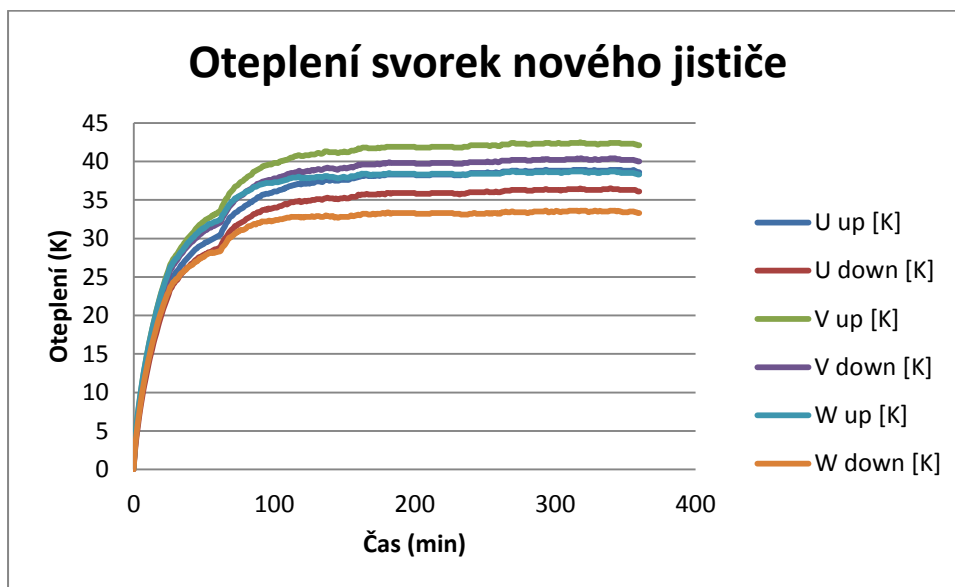


c)

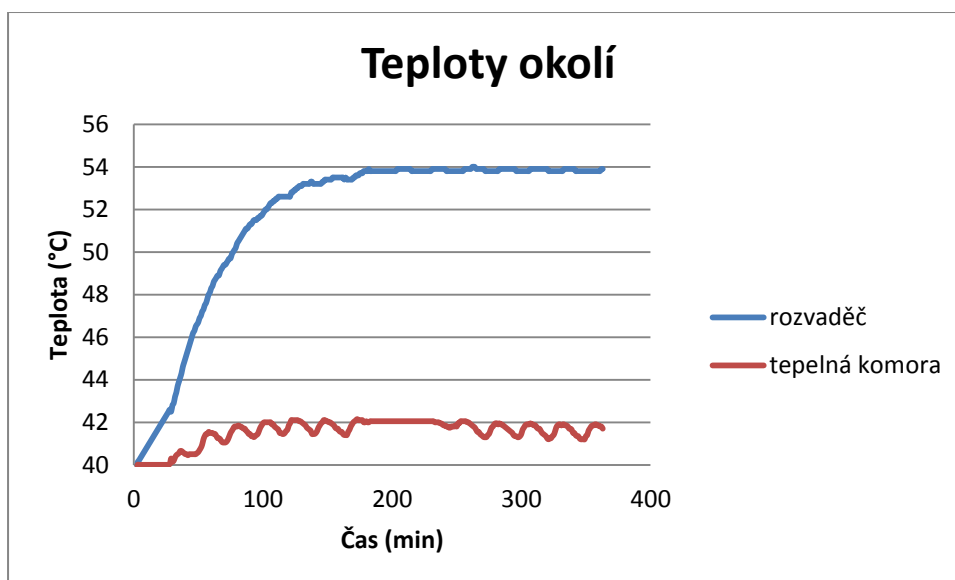
Obr. 28 a) Jistič umístěný na stojanu v rozvaděči v tepelné komoře
b) Tepelná čidla připojená na svorkách jističe v rozvaděči
c) Měřicí ústředna

Dle ČSN EN 60 947 - 2 byl jistič zatěžován jmenovitým proudem 250 A, přívodní kabely měly průřez 120 mm² a délku 2,1 m čímž tvořily tepelně dlouhou tyč. Utažení šroubů na svorkách bylo 15 N.m tedy tak, jak udáváno v návodu jističe. Tyto parametry platily pro všechna provedená měření a zkoušky. Zkouška oteplením trvala 6 hodin, přičemž přibližně po 2 hodinách teplota na svorkách dosáhla ustáleného stavu.

Oteplení svorek nesmí podle normy překročit hodnotu 70 K. Tohoto jsme dosáhli se značnou rezervou i za situace, že se jistič provozoval v prostředí pro něj hraničním, jak podle referenční teploty okolí (40°C) tak i podle teploty dosažené v uzavřeném rozvaděči (54°C), která se tím blíží k maximální možné provozní teplotě jističe. Celá zkouška byla ztížena tím, že jistič měl minimální možnosti samovolného ochlazování se jak prouděním vzduchu tak i od samotného okolí.



Graf 1. Oteplení svorek nového jističe



Graf 2. Průběh teploty v rozvaděči a tepelné komoře

Oteplení svorek nového jističe dopadlo podle předpokladu. Horní svorky jističe jsou zahřívány více než spodní svorky jističe a nejteplejší svorkou jističe je horní svorka fáze V následována spodní svorkou fáze V. Velký podíl na ohřátí horních svorek jističe má i kontaktní styk, jelikož kontaktní systém u jističe BD 250 se nachází v blízkosti horních svorek.

Po zkratové zkoušce a po polovině mechanické trvanlivosti zkouška oteplením nedělala, jelikož jistič prošel do té doby již mnoha testy. Nebylo jasné, zda-li naměřené hodnoty by byly s čím srovnávat a jestli by jsme dospěli k nějakému podstatnému a objektivnímu závěru.

Jistič pro toto měření byl z bezpečnostních důvodů již umístěn jen na stojanu v měřicí místnosti při pokojové teplotě. Jistič byl uveden do ustáleného stavu (přibližně po 2 h) a byly provedeny odečty úbytků napětí na jednotlivých fázích, které jsme později použili k výpočtu ztrát (viz. tab. č. 3 a 5).

4.4 Úbytky napětí, elektrické ztráty

Úbytky napětí na svorkách jističe byly měřeny ve 2 stavech a to za studena a v ustáleném stavu. Poprvé se úbytky napětí měřily se na novém jističi, podruhé na jističi po zkratové zkoušce a po polovině mechanické trvanlivosti.

Měření úbytku napětí za studena probíhalo na odpojeném jističi pomocí mikroohmmetru, úbytky napětí v ustáleném stavu (umístění jističe stejné jako v kapitole 4.3) byly měřeny přímo na zapojeném jističi za pomoci multimetru.

Z vypočtených úbytků napětí jsme následovně vypočítali elektrické ztráty na jističi. Jedná se o velmi důležitý údaj vypovídající také o samotném oteplení celého jističe.



Obr. 29 Mikroohmmetr určený k měření úbytku napětí za studena

Nový jistič:

- Úbytky napětí:

Tab. 2 Naměřené úbytky napětí

	U (mV)	V (mV)	W (mV)
Za studena	37,9	39,95	44,4
Za tepla	60,8	62,1	53,6

- Elektrické ztráty:

Tab. 3 Vypočítané elektrické ztráty

	U (W)	V (W)	W (W)
Za studena	9,475	9,9875	11,1
Za tepla	15,2	15,525	13,4

Při pohledu na tabulku č. 3 s vypočítanými ztrátami a srovnáním s údajem uvedeným v katalogovém listu jističe, který uvádí elektrické ztráty na jističi na 1 fázi v teplém ustáleném stavu 18 W, nám vyplývá, že námi měřený jistič bez problému vyhověl.

Jistič po zkratové zkoušce a po polovině mechanické trvanlivosti:

- Úbytky napětí:

Tab. 4 Naměřené úbytky napětí

	U (mV)	V (mV)	W (mV)
Za studena	96,9	115,2	79,6
Za tepla	129,64	154,48	106,74

- Elektrické ztráty:

Tab. 5 Vypočítané elektrické ztráty

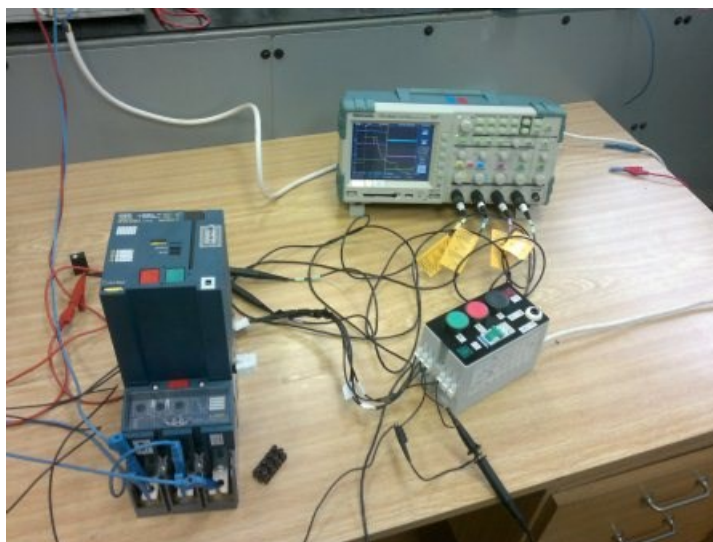
	U (W)	V (W)	W (W)
Za studena	24,225	28,8	19,9
Za tepla	32,41	38,62	26,685

Jak lze vyčíst z tabulky č. 5, elektrické ztráty po zkratové zkoušce a po polovině mechanické trvanlivosti vzrostly oproti novému jističi přibližně 2x. Přestože jistič byl stále plně funkční, elektrické ztráty již vzrostly natolik (prodražoval by se provoz jističe), že v provozu by byl zřejmě vyměněn za nový.

4.5 Vlastní časy

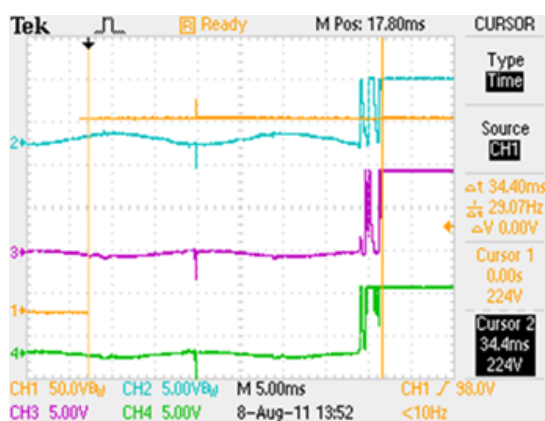
Jako vlastní časy jističe jsme měřili: Za první zapínání a vypínání jističe za pomoci motorového střadačového pohonu a za druhé vypínání za pomoci podpětové spouště.

Měření probíhalo na novém jističi, jističi po zkratové zkoušce a po polovině mechanické trvanlivosti. Měření se provádělo od přivedení impulzu na střadačový motorový pohon nebo od okamžiku rozpojení obvodu podpětovou spouští až k úplnému zapnutí či vypnutí hlavních kontaktů jističe.



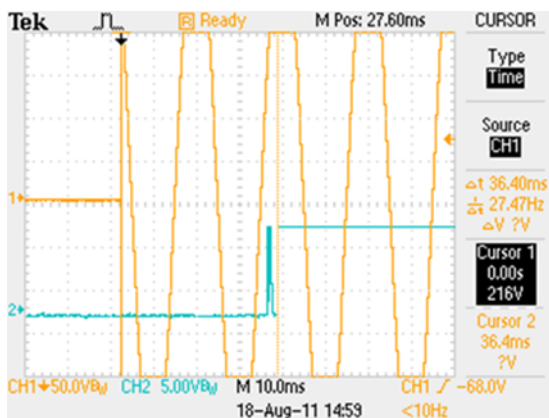
Obr. 30 Měření vlastních časů jističe

Zapínání za pomoci střadačového motorového pohonu:



Obr. 31 Zapínání nového jističe za pomoci střadačového motorového pohonu

Obr. 31 nám ukazuje změřené časy zapnutí všech tří fází nového jističe a jak lze vyčíst, k úplnému zapnutí fáze U došlo za 34,4 ms. Fáze V se zapnula za 34,2 ms a fáze W za 34 ms. Časy sepnutí by měly vyjít stejné. To se nám podařilo, jelikož námi naměřené časy se lišily v rozdílech desetin milisekund a je nutné uvažovat i možné chyby měření a přesnost měřících zařízení.

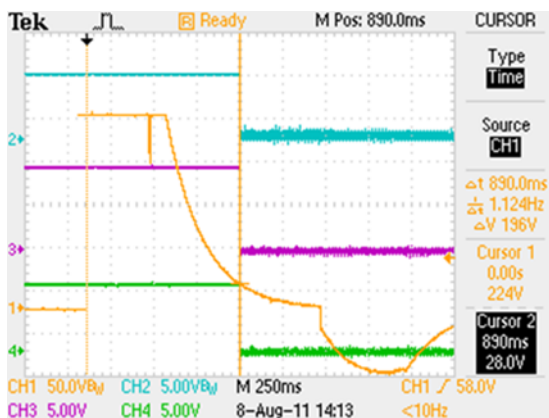


Obr. 32 Zapínání fáze U za pomoci střadačového motorového pohonu po zkratové zkoušce a po polovině mechanické trvanlivosti

Obr. 32 nám ukazuje změřené časy zapnutí fáze U po zkratové zkoušce a po polovině mechanické trvanlivosti. Doba zapnutí se oproti novému jističi změnila z 34,4 ms na 36,4 ms. To bylo nejspíše způsobeno jistým opotřebením kontaktu a úbytku kontaktního materiálu, které vedlo k prodloužení dráhy pohyblivého kontaktu a tím ke zvětšení potřebného času k zapnutí jističe. U fáze V a W došlo ke stejné situaci a to prodloužení času zapnutí o přibližně 2 ms.

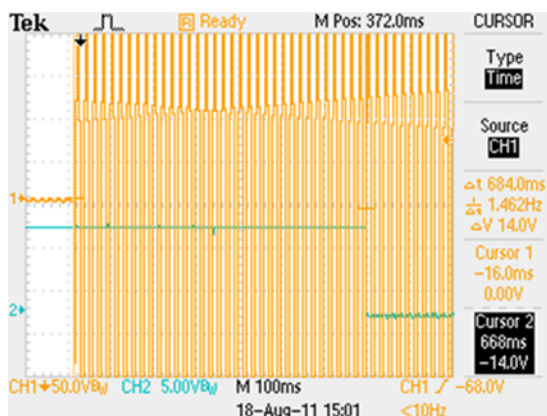
Použití střadačového motorového pohonu pro zapínání jističe má hlavní výhodu v rychlém zapnutí jističe a dle katalogového listu jističe by měl čas zapnutí být < 50 ms a to jsme potvrdili.

Vypínání za pomoci střadačového motorového pohonu:



Obr. 33 Vypínání nového jističe za pomoci střadačového motorového pohonu

Obr. 33 nám ukazuje změřené časy vypnutí všech tří fází nového jističe a jak lze vyčíst, k úplnému vypnutí fáze U došlo za 890 ms. Fáze V a W se vypnuly za stejný čas. Nastal nám tedy ideální případ, že všechny tři fáze jističe se vypnuly za stejný čas.



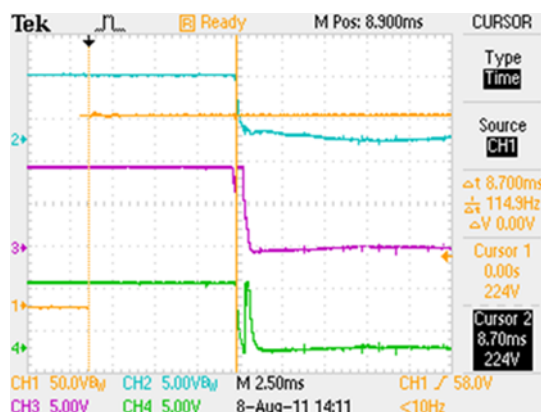
Obr. 34 Vypínání fáze U za pomoci střadačového motorového pohonu po zkratové zkoušce a po polovině mechanické trvanlivosti

Obr. 34 nám ukazuje změřené časy vypnutí fáze U po zkratové zkoušce a po polovině mechanické trvanlivosti. Doba vypnutí se oproti novému jističi změnila z 890 ms na 684 ms. To bylo nejspíše způsobeno již značně namáhanými pružinami ve spínacím systému, které vedly ke zkrácení potřebného času k vypnutí jističe. U fáze V a W došlo ke stejné situaci a to ke zkrácení času vypnutí o přibližně 200 ms.

Podle katalogového listu jističe by měl čas vypnutí být max. 800 ms. Do tohoto času jsme se měřením u nového jističe nevešli o 90 ms. To je způsobeno i možnými chybami při měření a přesností měřících zařízení, avšak u jističe po zkratové zkoušce a po polovině mechanické trvanlivosti jsme měli rezervu 136 ms.

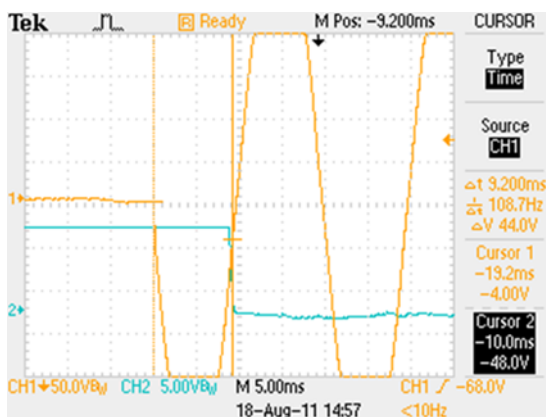
Jelikož vypínání pomocí samotného střadačového motorového pohonu je pomalé, v provozu se nejčastěji využívá vypínání pomocí podpět'ové nebo napět'ové spouště.

Vypínání za pomoci podpěťové spouště jističe:



Obr. 35 Vypínání nového jističe za pomoci podpěťové spouště jističe

Obr. 35 nám ukazuje změřené časy vypnutí všech tří fází nového jističe a jak lze vyčíst, k úplnému vypnutí fáze U došlo za 8,7 ms. Fáze V se odepnula za 9,1 ms a fáze W za 9,5 ms. Časy vypnutí by v ideálním případě měly vycházet stejné. To nám měřením nevyšlo. Rozdíl mezi nejrychlejší a nejpomalejší fází byl 0,8 ms. Tento časový rozdíl je velmi malý, takže dosažené výsledky lze považovat za úspěšné. Dále je nutné uvažovat i možné chyby měření a přesnost měřících zařízení.



Obr. 36 Vypínání jističe po zkratové zkoušce a po polovině mechanické trvanlivosti za pomoci podpěťové spouště jističe

Obr. 36 nám ukazuje změřené časy vypnutí fáze U po zkratové zkoušce a po polovině mechanické trvanlivosti. Doba odepnutí se oproti novému jističi změnila z 8,7 ms na 9,2 ms. To bylo nejspíše způsobeno nečistotami vyskytujícími se po zkouškách uvnitř jističe (především v mechanických částech), které vedly k prodloužení potřebného času k vypnutí jističe. U fáze V a W došlo ke stejné situaci a to k prodloužení času vypnutí o přibližně 0,5 ms.

Podle katalogového listu jističe je čas vypnutí 20 ms, to jsme měřením ověřili. Přístroj splňuje tento požadavek s rezervou.

Vypínání jističe za pomoci podpět'ových a napět'ových spouští je nejrychlejší a nejefektivnější způsob vypnutí jističe.

4.6 Dynamika

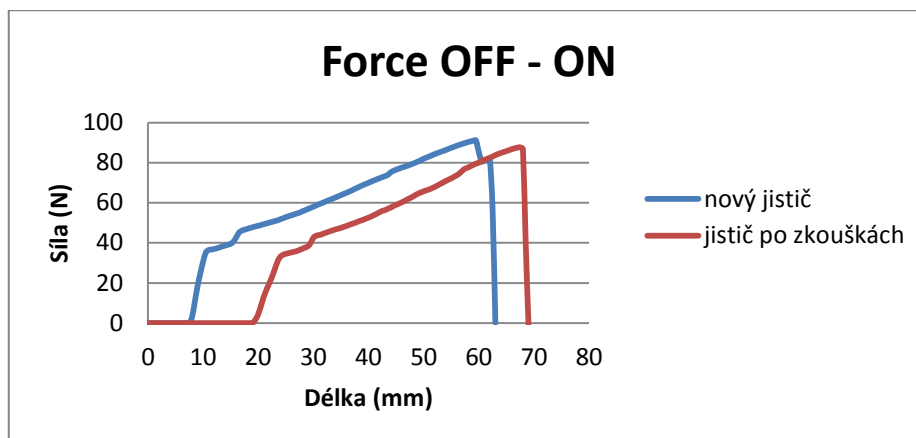
Správná dynamika spínacího mechanismu je důležitá hned z několika hledisek. Za prvé z hlediska kontaktního přitlaku, který má velký vliv na oteplení jističe a jeho elektrické ztráty, za druhé pak i schopnost zapnutí a vypnutí samotného jističe. Spínací mechanismus má polohy: ON, OFF, TRIP, RESET. Měřicí bod, na který bylo působeno silou se nachází 10 mm od konce ruční páky spínacího systému, tedy tak jak se uvádí v normě pro toto měření.

Jistič „po zkouškách“ znamená v našem případě po zkratech a po kompletní mechanické trvanlivosti spínacího systému.



Obr. 37 Stůl pro mechanická měření

Síla OFF – ON



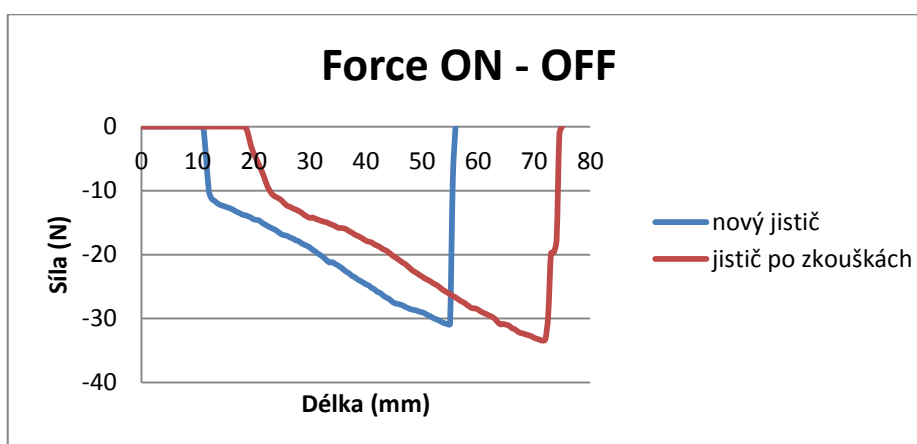
Graf 3. Průběh působící síly spínacího systému z polohy OFF do ON

V katalogovém listu jističe, se jako jediná uvádí síla potřebná k zapnutí jističe a to 80 N. Na námi měřeném jističi jsme naměřili hodnotu 92 N (větší o 10,8 %). Hodnota oproti katalogovému listu se liší, ale nijak dramaticky a závratně a je nutno brát ve zřetel možné chyby měření a přesnost měřících zařízení. Jistič BD 250 je dle normy zařazen do kategorie ovládání zařízení jednou rukou.

Na jističi po zkouškách se díky opotřebení pružin zmenšila potřebná síla k jeho zapnutí (88 N) a zároveň se prodloužila dráha pohybu páky jističe nutná k samotnému zapnutí.

Síla OFF – ON je zároveň i velmi důležitý údaj pro střadačový motorový pohon jističe z hlediska jeho návrhu.

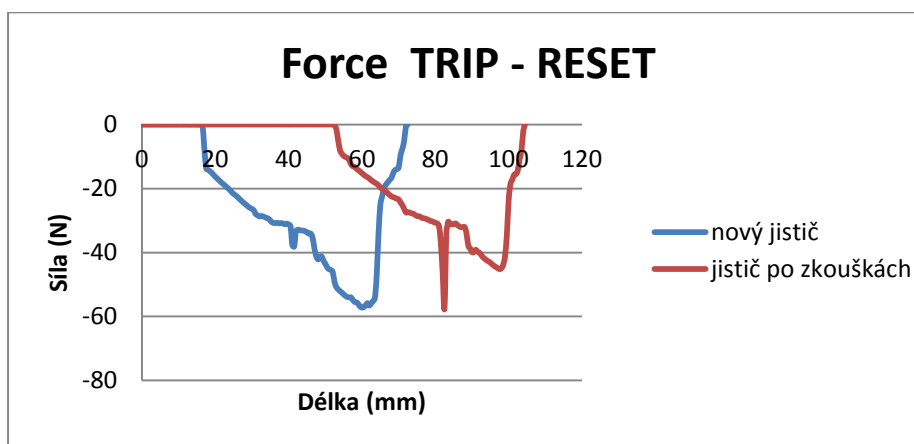
Síla ON – OFF



Graf 4. Průběh působící síly spínacího systému z polohy ON do OFF

U měření síly spínacího systému z polohy ON do OFF po zkouškách došlo opět k prodloužení dráhy pohybu páky jističe a zároveň se zvětšila i samotná síla v důsledku zanesení nečistot po zkratech do spínacího systému. Zvětšení potřebné síly ani dráhy nesouviselo tedy přímo s pružinami spínacího systému.

Síla TRIP – RESET

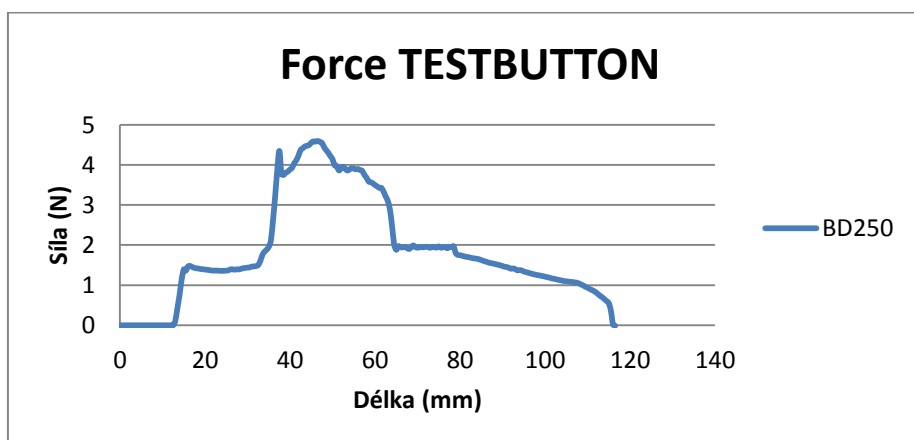


Graf 5. Průběh působící síly spínacího systému z polohy TRIP do RESET

Operace RESET provádí opětovné natažení spínacího systému a umožňuje další možné zapnutí jističe po jeho vybavení zkratem, podpětovou či napětovou ochranou. Střadačový motorový pohon vypíná jistič přímo z polohy ON do OFF a k resetování spínacího systému nedochází.

I u této síly došlo díky opotřebení pružin ve spínacím systému k prodloužení potřebné dráhy ruční páky jističe k resetování celého systému. Velikost samotné síly se nezměnila (58 N).

Síla TESTBUTTON



Graf 6. Průběh působící síly testovacího tlačítka

Síla TESTBUTTON neboli testovacího tlačítka představuje sílu potřebnou pro vybavení jističe elektronickou, podpětovou nebo napětovou spouští.

Tato síla nesouvisí přímo s pružinami spínacího systému a ani na ni nemají vliv zanesené nečistoty v dutinách jističe, proto byla měřena jen na novém jističi.

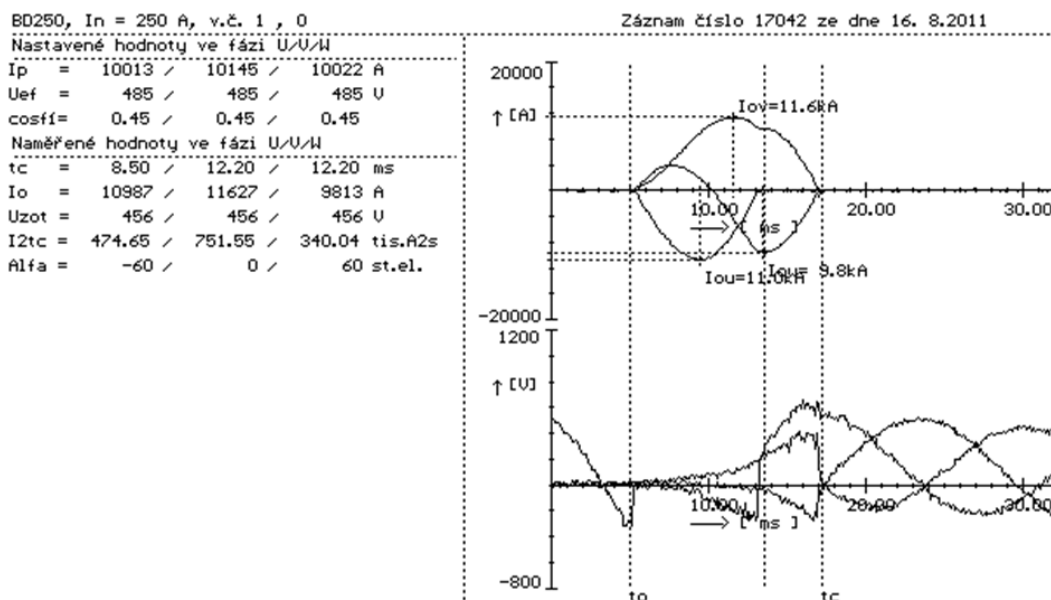
4.7 Zkrat

Jistič BD 250 byl zkratován dne 16.8.2011 ve společnosti OEZ s.r.o. při zkratových parametrech, které nejsou definovány normou ČSN EN 60 947 - 2 a to 485 V / 10 kA a účinníku $\cos \varphi = 0,45$ který odpovídá zkratům při těchto hodnotách a norma jej definuje. Z normou určených zkratů jsme se přiblížili zkratu při parametrech 500 V / 8 kA, což je jmenovitá provozní zkratová vypínací schopnost jističe označována jako I_{cs} .

Dle normy by měl nový jistič podle výše uvedených parametrů prodělat celkem tři zkraty: Jednou vypnutí zkratu (O) a dvakrát zapnutí do zkratu (CO) a poté splnit podmínky vyplývající z normy.

Námi zkoušený jistič (v té době již po zkoušce oteplením a po polovině mechanické trvanlivosti) prodělal celkem tři zkraty, všechny byly vypnutí zkratu (O). To znamená nejhorší možnou variantu a největší možné poškození jističe. Při zapnutí do zkratu (CO) totiž záleží na okamžitém průběhu zkratového proudu.

Z důvodů potlačení účinků elektrodynamických sil působících na vodiče (délka 2,1 m; průřez 120 mm²) jsme byli nuceni mechanicky zpevnit vodiče.



Obr. 38 Průběhy a hodnoty vztažené k 3. zkratu

U všech tří zkratů jsme naměřili velmi podobné údaje týkající se času vypnutí jističe, zotaveného napětí i obloukové energie.

Námi zkoumaný jistič patří mezi tzv. omezující jističe, což znamená, že za jistých okolností omezuje zkratový proud. Podle obr. 38 vztaženého k 3. zkratu u námi měřeného jističe žádné viditelné omezení nenastalo. Jistič vypnul v potřebném čase. Ta samá situace nastala i u předešlých dvou zkratů. Nutné je brát zřetel na možné chyby měření a přesnost měřících zařízení.

Na jističi po zkratech byly provedeny následující zkoušky a měření přímo související se zkraty:

- Zda-li jistič převádí nadále elektrický proud.
- Funkce elektronické spouště.
- Měření svodových proudů.
- Zkoumání samotného mechanického poškození jističe.

Jako první jsme ověřovali, zda-li jistič nadále přenáší elektrický proud. To jsme jednoduchým diodovým testem za pomoci multimetru ověřili.

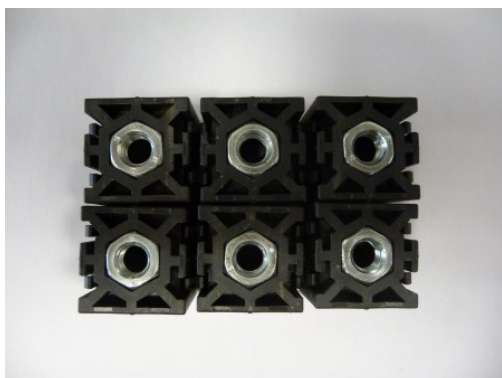
Další zkouškou bylo ověření funkce elektronické spouště po zkratech. Pro I_{cu} (jmenovitá mezní zkratová schopnost) platí podle normy, že elektronická spoušť musí vypnout $2,5 \times I_n$ dříve než nová spoušť $2 \times I_n$. Stačí ověření na 1 fázi. To jsme ověřili, jelikož pro naše nastavení spouště byl čas $2 \times I_n$ roven 20 s a my jsme naměřili čas 4,72 s na fázi U. Ověření bylo provedeno pro všechny 3 fáze a časy fází V a W byly 4,34 s respektive 4,52 s.

Pro měření svodových proudů jsme nejprve odečetli z normy velikost zkušebního jmenovitého izolačního napětí, které pro náš jistič je 1890 V. Byl měřen izolační stav přístroje mezi jednotlivými póly (fázemi) jističe, dále pak mezi živými částmi a kostrou a nakonec mezi rozepnutými kontakty. Norma udává maximální velikost povoleného svodového proudu pro zařízení určené k bezpečnému odpojení 6 mA. Izolační stav přístroje byl bezchybný, měřením jsme zjistili téměř nulovou hodnotu, kterou usuzujeme podle nulové výchylky měřícího přístroje.

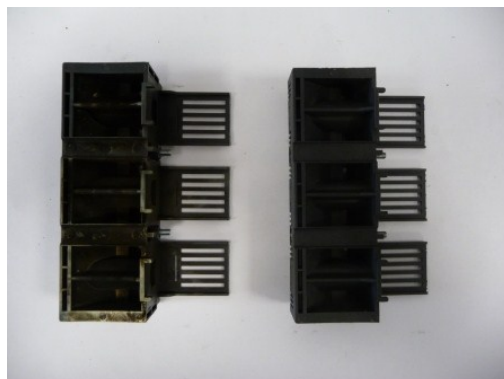


Obr. 39 Měřicí přístroj určený k měření svodových proudů

Při zkoumání vlastního mechanického poškození jističe jsme nenašli žádné viditelné poškození a lze konstatovat, že jistič se po zkratech nacházel v dobrém a plně funkčním stavu.



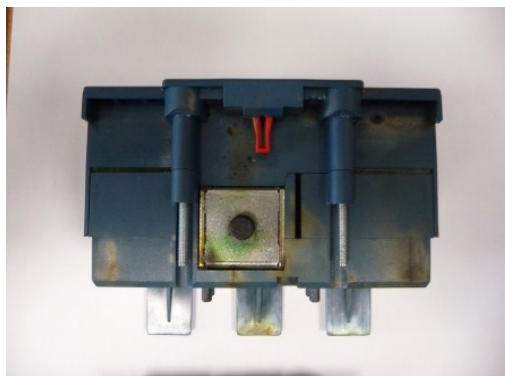
Obr. 40 Držáky matek po zkratech



Obr. 41 Kryty svorek po zkratech



Obr. 42 Zhášecí komora fáze V po zkratech



Obr. 43 El. spoušť po zkratech

4.8 Mechanická trvanlivost

Na jističi byla provedena celá zkouška mechanické trvanlivosti, která spočívala ve 30000 cyklech zapnutí a vypnutí jističe. Po celou dobu testování byl sledován kontaktní styk, jelikož pro úspěšné absolvování této zkoušky je nutné, aby jistič nadále převáděl elektrický proud a nedošlo například k odpadnutí kontaktů nebo jinému poškození.

Jak si lze povšimnout v předešlých kapitolách, zkouška nebyla prováděna bez přerušení. Zkoušku jsme rozdělili na 2 části právě z důsledku možných komplikací, které by znemožnily pokračování celého požadovaného měření.

Námi měřený jistič vyhověl podmínkám daného měření a prokázal celkovou mechanickou trvanlivost 59500 cyklů, poté přestala převádět elektrický proud fáze U a zkouška mechanické trvanlivosti byla zastavena.

Po mechanické trvanlivosti byla již spíše pro zajímavost prováděna zkouška samotného spínacího mechanismu a to bez kontroly kontaktního styku ve fázi U. Tato zkouška byla ukončena po 90000 cyklech, kdy již ani jedna z fází nepřeváděla elektrický proud.



a)



b)

Obr. 44 a) Jistič připravený na zkoušku mechanické trvanlivosti

b) Zařízení určené ke zkoušení mechanické trvanlivosti

ZÁVĚR

Informace vhodné pro vypracování této diplomové práce jsem čerpal z literatury a z rad odborníků zabývajících se touto problematikou.

Jističe se používají ve všech oblastech lidské činnosti, v průmyslových odvětvích i v domácnostech k jištění a zároveň k ochraně majetku. Proto lze na provedené zkoušky a měření pohlížet jako na velmi vhodně zvolené téma a zároveň i velmi důležité.

V předchozích kapitolách byly vysvětleny všechny důležité pojmy použité v této práci. Cílem práce bylo vytvořit diagnostiku jističů na střední proudy v našem případě na jističi BD 250NE305 od společnosti OEZ s.r.o. a zjistit, v jakém technickém stavu životnosti se jistič po provedených zkouškách a měřeních nachází.

Námi zvolenou metodiku pro zkoušky a měření lze považovat za správně zvolenou, jelikož v mnohém vycházela z normy pro jističe ČSN EN 60 947 - 2 a z mnohaletých zkušeností ve společnosti OEZ s.r.o.. Při porovnání našich výsledků s dostupnými údaji v katalogovém listu jističe jsme došli ke stejným nebo velmi podobným hodnotám.

Všechny výsledky provedených zkoušek a měření jsou uvedeny v této diplomové práci v textu, tabulkách a grafech.

Po provedených zkouškách a měřeních můžu konstatovat, že jistič mi potvrdil svou technickou kvalitu, kterou jsem od něj očekával, a i proto lze jeho použití do provozu jen doporučit.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] CALABRO, S. R.: Základy spolehlivosti a jejich využití v praxi
- [2] JANOUŠEK, I., KOZÁK, J., TABARA, O. a kolektiv: Technická diagnostika. Praha 1988, SNTL
- [3] HAVELKA, O. a kol.: Elektrické přístroje, SNTL/ALFA v roce 1985
- [4] <http://www.oez.cz>
- [5] HELŠTÝN, D., KAČOR, P., HYTKA Z.: Elektrické přístroje spínací ochranné a jistící, OSTRAVA 2003, Regionální centrum celoživotního vzdělávání, VŠB – TUO, ISBN 80-248-0315-1
- [6] CIGÁNEK, L.: Elektrické přístroje spínací, ochranné a řídicí, SNTL Praha 1956
- [7] LEITL, R: Spolehlivost elektrotechnických systémů. Praha 1990, SNTL, ISBN 80-03-00408-X
- [8] BUL, B. K. a kolektiv: Elektrické přístroje – základy teorie, SNTL Praha 1977
- [9] TAJEV, I. S.: Električeskije apparaty upravlenija, Moskva 1969
- [10] <http://www.schneider-electric.cz>
- [11] <http://www.moeller.cz>